ISSN 0376-477X

# 中華農業研究

第五十三卷　　第 四 期

## 目　　次

論說

有色水稻中花青素的種類及其功能探討
........................................................施怡如、鄭統隆、曾東海、王強生 …221

研究報告

套黑色紙袋對‘Ruby’葡萄柚果實色澤轉變與品質的影響
........................................................黃阿賢、黃光亮、許世弦 …229

夾竹桃紅顏料對瓜實蠅*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (雙翅目：果實蠅科) 之毒效評估
........................................................董耀仁、陳健忠 …239

鹽類濃度、蔗糖、植物生長素及培養容器瓶口覆蓋物對高氏柴胡組培苗發根與馴化之影響
........................................................陳威臣、夏奇鈮、葉茂生、蔡新聲 …249

三種殺草劑對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響
........................................................林素禎、林淑媛、吳繼光 …261

1990至2002年臺灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定
........................................................陳隆澤、陳一心、程永雄 …269

中華民國九十三年十二月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53:221~228 (2004)

# 有色水稻中花青素的種類及其功能探討 [1]

施怡如[2] 鄭統隆[3] 曾東海[3] 王強生[4,5]

## 摘　　要

施怡如、鄭統隆、曾東海、王強生。2004。有色水稻中花青素的種類及其功能探討。中華農業研究 53:221-228。

在水稻豐富的種原中包含許多種具有顏色的穀粒，稱為有色米。有色米的色素主要分佈於穎果皮或是種皮，其色素主要是由花青素所構成。花青素是植物所特有的多酚類化合物，也是類黃酮代謝路徑所衍生的化合物，植物主要的花青素有紫紅色的矢車菊素、橘紅色的天竺葵素及藍紫色的飛燕草素等三種，均為抗氧化物，可抑制脂質過氧化，並具有清除自由基的能力。水稻植株各部位均會累積花青素，而以有色米之穎果皮含量最高。利用 HPLC 分析結果顯示，大部分紫黑色穎果皮品種主要含有 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 二種花青素；褐色穎果皮的色素是一種聚合的類黃酮稱為原花青素。有色米的動物試驗發現，含有花青素的米糠層可抑制老鼠及兔子粥狀動脈硬化症，主要是藉由改善類固醇的累積和減少氧化逆境及發炎所致。有色米似乎具有保健的功能，如能進一步研究，應可提高水稻的利用價值。

**關鍵詞：**水稻、有色米、花青素、原花青素、抗氧化活性。

## 前　　言

活化氧族（active oxygen species）或自由基（free radicals）的過量產生，如氫氧自由基（hydroxy radical）、超氧自由基（superoxide radical）會引起細胞的傷害，這種傷害會致癌、引起突變、細胞老化及造成動脈硬化等（Tsuda *et al*. 1996）。生活中有太多外來因子，如紫外線、電磁波、煙酒、藥物、生氣、壓力、熬夜、高脂肪、低纖維不良飲食、不規則生活習慣、空氣及環境污染等，會使體內產生自由基。人體為了預防或降低自由基的氧化傷害，會自己產生一套抗氧化反應的系統，以防止細胞受到自由基的攻擊，所以人體的老化速度是根據體內自由基清除的能力大小決定。當人體內的抗氧化系統無法對抗自由基快速的生成時，就必須依賴自然界的抗氧化物質來減少體內自由基的負荷。在自然界中有一些酵素可以抵抗活化氧族，例如 superoxide dismutase（SOD）、peroxidase（POD）及 catalase（CAT）；也有一些非酵素的抗氧化物，例如 α-tocopherol、抗壞血酸、β-胡蘿蔔素及類黃酮（flavonoids）（包括花青素、flavones、isoflavones、catechin、epicatechin）（Takeoka *et al*. 1997；Tsuda *et al*. 1994b），所以食物中若含有抗氧化物就可直接被吸收，以降低人體內自由基的氧化傷害（Tsuda *et al*. 1996）。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2207 號。接受日期：93 年 12 月 2 日。
2. 本所農藝組計畫助理。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農藝組助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 本所農藝組研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：cswang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

Tsuda *et al*.（1994a）以菜豆為材料，比較不同顏色種皮萃取液抗氧化能力的高低，結果發現白色種皮萃取液不具有抗氧化能力，而紅色及黑色種皮萃取液具有很強的抗氧化能力，由此可知種皮為紅色或黑色的品種其種子抗氧化能力較高，而其有色種皮之色素主要由花青素所提供。

水稻是亞洲地區主要的糧食作物，在種原庫中亦含有許多顏色的穀粒，稱有色米（colored rice）。有色米的色素主要分佈於穎果皮（pericarp）或是種皮（seed coat）（Juliano & Bechtel 1985），顏色是由花青素構成（Chung & Woo 2001），米粒具有顏色是否也可能含有由花青素所貢獻之較高抗氧化能力？本文主要探討有色米中花青素的種類、含量及其可能的功能，提供稻米食用之參考。

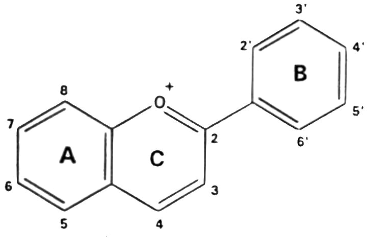
## 花青素的種類

花青素在植物界中是很大一群的水溶性色素，主要累積在植物細胞的液泡，可表現於葉片、花瓣、種子和果實中，存在植物組織的顏色有紅色、紫色及藍色等，可應用於食品工業的天然著色劑（Takeoka *et al*. 1997）。花青素是植物特有的多酚類化合物，也是類黃酮代謝所衍生的化合物，其中合成主要花青素的代謝路徑稱為花青素生合成路徑，而花青素合成路徑的中間產物也可以防禦病原菌的侵害及一些環境逆境所造成的傷害（Padmavati *et al*. 1997；Sarma *et al*. 1997）。

花青素的結構會因攜帶羥基的多少、甲基化的程度及糖基數目、種類、連接位置不同而反應出不同的顏色（邱&范 1998）。主要的花青素有紫紅色的矢車菊素（cyanidin）、橘紅色的天竺葵素（pelargonidin）、藍紫色的飛燕草素（delphinidin），此三種花青素廣泛地分佈在自然界中，而紅色的芍藥素（peonidin）是由矢車菊素甲基化取代而來，紫色的矮牽牛素（petunidin）及深紫色的錦葵素（malvidin）均由飛燕草素不同程度的甲基化衍生而來（Fig. 1）。

## 水稻中花青素的種類

Reddy *et al.*（1995）分析具紫色植株的水稻品種 Purpleputtu，以了解不同部位花青素含量的多寡。Purpleputtu 植株各部位的顏色分別為劍葉（紫色）、葉鞘（紫色）、葉環（紫色）、葉耳（紫色）、節間（紫色）、葉舌（紫紅色）、葉尖（紅色）、稻殼（紫色）及穎果皮（紫黑色），經分析後發現水稻植株紫色或紅色的組織中均含有花青素，其中主要的成分為 cyanidin，次要為 peonidin。而花青素含量最多的部位是穎果皮， cyanidin 及 peonidin 的含量分別為 401 及 292.9 nmoles/mg FW，而後依序為稻殼、葉尖、葉舌、劍葉、節間、葉耳、葉鞘，含量最少為葉環（cyanidin 及 peonidin 的含量分別為 121.3 及 1.2 nmoles/mg FW）；其中穎果皮 cyanidin 及 peonidin 的含量比其他大部分的組織約多 5 倍。




Substitution Patterns

| Aglycone | 3 | 5 | 7 | 3' | 4' | 5' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Delphinidin | OH | OH | OH | OH | OH | OH |
| Cyanidin | OH | OH | OH | OH | OH | H |
| Pelargonidin | OH | OH | OH | H | OH | H |
| Malvidin | OH | OH | OH | $OCH_3$ | OH | $OCH_3$ |
| Peonidin | OH | OH | OH | $OCH_3$ | OH | H |
| Petunidin | OH | OH | OH | $OCH_3$ | OH | OH |

**Fig. 1.** General structure of anthocyanidins and substitution patterns of some common compounds.（Wang *et al*. 1997）

學者進一步利用 HPLC 測定不同顏色穎果皮的水稻品種，以了解不同顏色穎果皮的花青素種類。分析品種包括紫黑色穎果皮（Ryu *et al.* 1998；Reddy *et al.* 1995）、褐色穎果皮（Reddy *et al.* 1995）及白色穎果皮（Ryu *et al.* 1998；Reddy *et al.* 1995）三種。萃取過程方面，Ryu *et al.*（1998）利用乙醇（95%乙醇中含有 0.5% trifluoroacetic acid）萃取紫黑色及白色穎果皮的穀粒，並以 Sephadex LH-20 column 純化萃取液，而 Reddy *et al.*（1995）利用 1%的酸化甲醇萃取紫黑色及白色穎果皮，褐色穎果皮則利用 90%的甲醇萃取。分析結果發現褐色及白色穎果皮的水稻品種，並未測到任何的花青素，但大部分紫黑色穎果皮的品種含有 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 二種花青素，且以 cyanidin-3-glucoside 為主要成分，peonidin-3-glucoside 的含量較少，且顏色愈深的穎果皮含有較多的花青素。褐色穎果皮雖然沒有測到花青素，但將萃取液經酸化水解後利用分光光度計及 TLC 分析發現含有 cyanidin 及 peonidin。Reddy *et al.*（1995）推論可能是花青素合成的過程中花青素合成酶（anthocyanidin synthase）的氧化活性受到阻礙，因此 leucocyanidin 無法轉變成 cyanidin，所以褐色穎果皮的色素是由原花青素（proanthocyanidin）所構成。原花青素是由 flavan-3-ols（catechins）及 leucoanthocyanidin 所聚合而成的類黃酮，具有比維生素 E 高 50 倍、比維生素 C 高 20 倍的抗氧化能力，而且還可抵抗自由基對人體細胞的破壞，降低 LDL（低密度膽固醇）及減少心血管疾病（Tsuda *et al*. 1996）。除了水稻的褐色穎果皮含有原花青素外，在蠶豆（*Vicia faba*）、菜豆（*Phaseolus vulgaris*）、百脈根（*Lotus corniculatus*）的植物組織，大豆及大麥（*Hordeum vulgare*）的種皮，高粱的葉片及種皮均含有原花青素的成分（Haskins & Gorz 1986；Sakar & Howarth 1976；Todd & Vodkin 1993）。

此外，蔡&陳（1996）將購自超市的黑糯米浸泡於含有 1% HCl 的甲醇中，利用 Bio-Gel P-2 管柱純化花青素，再以 FAB-mass、$^{1}$H-NMR、水解產物分析及紫外光-可見光光譜鑑定其結構，結果發現黑糯米中的色素也是由 cyanidin-3-*β*-*O*-glucoside 及 peonidin-3-*β*-*O*-glucoside 所構成。

綜合蔡&陳（1996）、Reddy *et al.*（1995）及 Ryu *et al.*（1998）等的研究結果得知，紫黑色米粒穎果皮的色素是以 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 為主，褐色穎果皮的色素則是由原花青素所構成（Fig. 2）。

## 花青素的功能

有色米中所測到的 cyanidin-3-glucoside 具有許多的生理功能，也是一種很重要的飲食抗氧化劑。Nishiyama *et al.*（1993）指出，暴露在 UVB 的照射下，不飽和脂肪酸會轉變成脂質自由基（lipid radicals），然後造成脂質過氧化，α-tocopherol 是一種較弱的抑制劑，在 UVB 照射下 α-tocopherol 會快速分解，變成不活化，雖花青素也會分解，但由 UVB 照射得到的反應產物仍可持續的抑制脂質過氧化情形。Tsuda *et al*.（1994a）從紅色及黑色的菜豆中分離花青素，在亞麻油酸氧化及 pH 值 7.0 的狀況下測試花青素的抗氧化活性，結果發現 pelargonidin-3-O-β-D-glucoside（P3G）及 delphinidin-3-O-β-D-glucoside（D3G）並沒有抗氧化能力，但 cyanidin-3-O-β-D-glucoside（C3G）卻有很高的抗氧化活性。一般而言，花青素在酸化的情況下較穩定，Igarashi *et al*.（1989）指出 malvidin 3,5-diglucoside 在酸化的情況下具有較高的抗氧化活性，因此學者將 pH 7.0 降至 3-5 時發現 P3G 及 D3G 的抗氧化活性和 α-tocopherol 相似，因此學者推論 C3G 的抗氧化機制可能和 P3G 及 D3G 不同。

Tsuda *et al*.（1994b）在亞麻油酸（linoleic acid）自然氧化的狀態下添加抗氧化物（cyanidin-3-O-β-D-glucoside、cyanidin 及 α-tocopherol），發現三種抗氧化物均可抑制脂質過氧化的情形，其中以 cyanidin 的抗氧化能力最好；此外學者也在脂質體中添加 2,2'-azobis（2-amidinopropane）hydrochloride（AAPH，自由基誘發劑）造成脂質過氧化，三種抗氧化物中也是以 cyanidin 抑制丙二醛（malondialdehyde, MDA）形成的效果最好，由此可知花青素的抗氧化能力較 α-tocopherol 高。

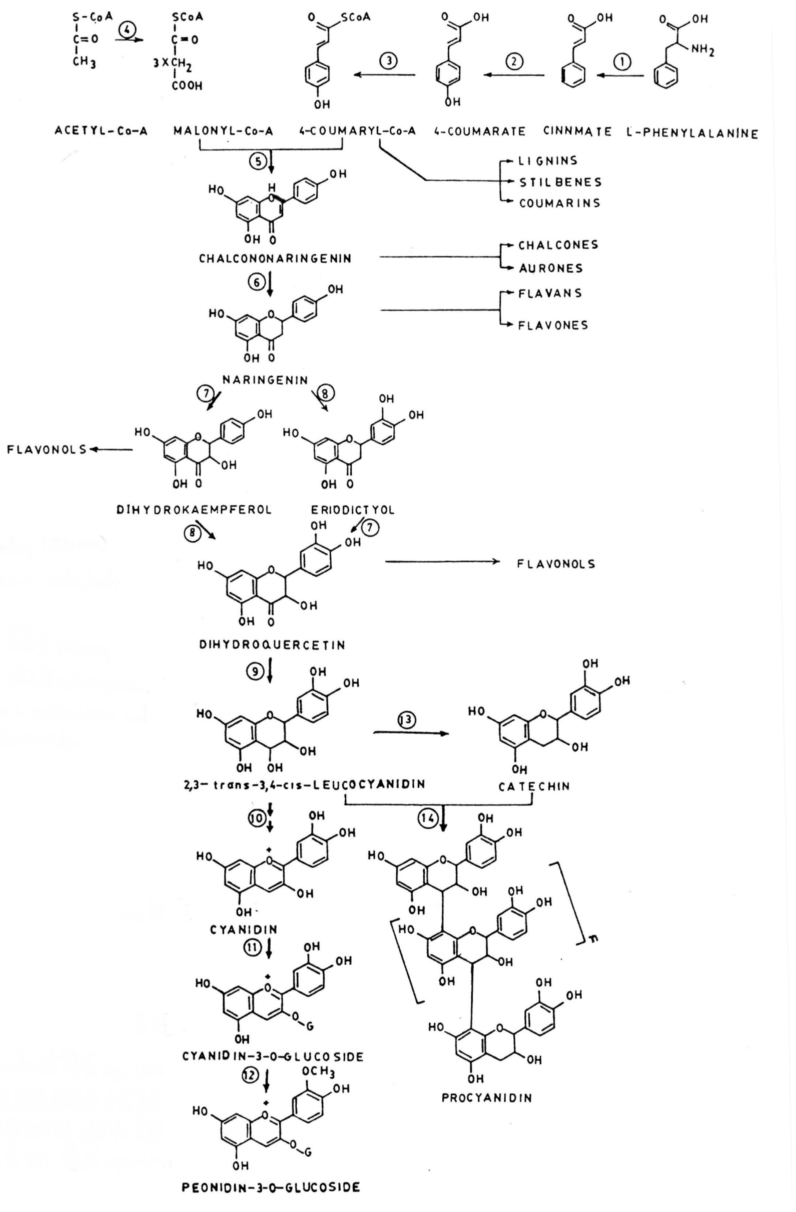



**Fig. 2.** Generalised anthocyanin biosynthetic pathway. The numbers refer to probable enzymes involved in the pathway. 1.phenylalanine ammonia lyase, 2.cinnamate-4-hydroxylase, 3. 4-coumarate:CoA ligase, 4.acetyl-CoA-corboxylase, 5.chalcone synthase, 6.chalcone isomerase,7.flavonone-3-hydroxylase,8.flavonoid-3-hydroxylase,9.dihydroquercetin reductase,10.anthocyanidin synthase, 11.flavonoid-3-O-glycosyltransferase, 12.S-adenosyl-L-methionine:anthocyanin-3’-O-methyl transferase, 13.leucoanthocyanidin reductase and 14.Condensing enzyme and / or chain-polymerising enzyme. The structural and functional characterization of enzymes 12, 13 and 14 are yet to be established.

(Reddy *et al.* 1995)

Wang *et al*.（1997）測定五種糖苷配基（cyanidin、pelargonidin、delphinidin、malvidin 及 peonidin）的自由基吸收能力值（oxygen radical absorbing capacity, ORAC），結果發現這些化合物的結構式和抗氧化能力有關。將五種糖苷配基的 ORAC 值和結構式比較，OH 基的位置和甲基化的程度會影響花青素對抗過氧自由基（peroxyl radicals）的能力。在這五種糖苷配基結構中，A 及 C 環具有相同的 OH 基，B 環上只有一個 OH 基的花青素包括 pelargonidin、malvidin 及 peonidin，從 ORAC 值來看，這三種花青素的自由基吸收能力較低。Cyanidin 在 B 環的 3'、4'端均具有 OH 基，ORAC 值較高；delphinidin 在 B 環的 3'、4'端也具有 OH 基，但它的 ORAC 值較 cyanidin 低。一般而言，類黃酮的氫氧根數目愈多，抗氧化能力愈高（Cao *et al*. 1997），但並不表示所有的類黃酮都如此，例如 pelargonidin、cyanidin 及 delphinidin 分別有 4、5 及 6 個 OH 基，但它們的 ORAC 值卻分別為 1.54、2.24 及 1.81，cyanidin 及 delphinidin 在 B 環的 3'、4'端均具有 OH 基，但 delphinidin 在 5'端也含有 OH 基，學者認為這可能是造成 delphinidin 的 ORAC 值較低的原因。而花青素接上不同的糖基可能也會有不同的抗氧化能力，以 cyanidin 為例，C 環的 3'端如果接上 glucose 或 rhamnoglucoside 可以增加 ORAC 的能力，抗氧化活性依序為 cyanidin-3-glucoside＞cyanidin-3- rhamnoglucoside＞cyanidin＞cyanidin-3-galactoside（Wang *et al*. 1997）。

Tsuda *et al*.（1996）在老鼠肝臟的微粒體中添加金屬螯合劑，造成脂質過氧化產生 MDA，發現再添加三種花青素（D3G、P3G 及 C3G）後可抑制 MDA 的形成，其中以 D3G 的效果最好，學者認為花青素的抗氧化活性和 B 環上的 OH 基數目有關，因為 D3G 在 B 環上有三個 OH 基，所以抗氧化活性較高。而在清除超氧自由基的能力方面是以 D3G 的效果最好，可能是因為 D3G 的 B 環上有三個 OH 基，因此為三種花青素中最強的抑制劑；C3G 清除自由基的能力也很強，但效果並沒有 D3G 好。Tsuda *et al*.（1996）的試驗結果和 Tsuda *et al*.（1994b）及 Wang *et al*.（1997）並不相同，可能是花青素對於不同的胞器及自由基具有不同程度的抗氧化能力。

Hu *et al*.（2003）發現黑米中的花青素可以預防 DNA 受到氫氧自由基攻擊而產生缺口，也可保護超螺旋 DNA 避免受到過氧自由基的破壞而斷裂。此外學者將老鼠的巨噬細胞 RAW264.7 和細菌的 lipopolysaccharide（LPS）與 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 共培養，觀察不同濃度花青素抑制 NO 生成的能力，結果發現 100 μM cyaniding-3-glucoside 抑制 NO 生成的能力為 73%，而 peonidin-3-glucoside 為 35%，由此可知 cyanidin-3-glucoside 的效果較佳，因此花青素的抗氧化能力不但可以預防 DNA 受到破壞，也可阻止活化的巨噬細胞產生 NO 及植物毒素，因此黑米對於健康可能是有益的。

在有色米之動物試驗中發現，紅米及黑米的米糠層均可抑制兔子粥狀動脈硬化症（atherosclerotic plaque），主要是由於米糠層提供了抗氧化的功能（Ling *et al*. 2002）。Xia *et al.*（2003）發現黑米可抑制老鼠粥狀動脈硬化症，其主要是改善類固醇的累積和減少氧化逆境及發炎。由以上結果可知，有色米所含的成分的確可以有效的抵抗一些逆境所造成的氧化傷害。

## 結　論

水稻是亞洲地區主要的糧食作物，其稻米產量佔世界總產量的 90%以上。水稻去除稻殼後為糙米，糙米除了胚、米糠層外，大部分為胚乳。米糠層是指穎果皮、種皮及糊粉層，為粗纖維組成，水份不易浸透，因此糙米飯較硬且粘性低，不易受消費者的喜愛，故碾去部分米糠層得胚芽米，再去胚芽及全部米糠層，得精白米，即為一般大眾所食用的白米。米糠內含有 tocotrienol 具有抑制動脈粥狀硬化症、抗氧化及抗發炎等功能（Qureshi *et al.* 2001）；米糠之水抽出物可降低人體血糖過多症

（hyperglycemia），米糠纖維可降低人體脂肪過多症（hyperlipidemia）（Qureshi *et al*. 2002），因此糙米具有較高的營養價值。而有色米（黑紫、紫、紅、褐及橘色等的穎果皮）中還含有可清除自由基的抗氧化物質（如 cyanidin、peonidin 及 proanthocyanidin 等）。此外，Chung ＆ Woo（2001）尚發現有色米（*Oryza sativa* cv. *Heugjinmi*）中含有另一種具有抗氧化活性的生物鹼（4-carbomethoxy-6-hydroxy-2-quinolone）。因此有色米具有較高的營養價值，所以未來若能改善有色米穎果皮的構造，提高有色米的口感，不但可增進人體健康，更能提高水稻的利用價值。

## 引用文獻


蔡正宗、陳叔凰。1996。黑糯米中兩種主要花素苷之結構鑑定。食品科學 23(3):444-452。

邱輝龍、范明仁。1998。花青素與花色之表現。中國園藝 44(2):102-115。

Cao, G., E. Sofic, and R. L. Prior. 1997. Antioxidant and proocidant behavior of flavonoids：Structure-activity relationships. Free Radical Biol. Med. 22:749-760.

Chung, H. S. and W. S. Woo. 2001. A quinolone alkaloid with antioxidant activity from the aleurone layer of anthocyanin pigmented rice. J. Nat. Prod. 64:1579-1580.

Haskins, F. A. and H. J. Gorz. 1986. Inheritande of leucoanthocyanidin content in sorghum leaves. Crop Sci. 26:286-292.

Hu, C., J. Zawistowski, W. Ling, and D. D. Kitts. 2003. Black rice( *Oryza sativa* L. *indica* )pigment fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J. Agric. Food Chem. 51:5271-5277.

Igarashi, K., K. Takanashi, M. Makino, and T. Yasui. 1989. Antioxidative activity of major anthocyanin isolated from wild grapes. Jpn. J. Food Sci. Technol. 36:852-856.

Juliano, B. O. and D. B. Bechtel. 1985. The rice grain and its gross composition. p.17-19. *in*：Rice Chemistry and Technology.（Juliano, B. O. eds.）The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

Ling, W. H., L. L. Wang, and J. Ma. 2002. Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases. J. Nutr. 132:20-26.

Nishiyama, T., Y. Hagiwara, H. Hagiwara, and T. Shibamoto. 1993. Inhibition of malondialdehyde formation from lipids by an isoflavonoid isolated from young green barley leaves. J. Am. Oli Chem. Soc. 70:811-813.

Padmavati, M, N. Sakthivel, K. V. Tahara, and A. R. Reddy. 1997. Differential sensitivity of rice pathogens to growth inhibition by flavonoids. Phytochemistry 46:499-502.

Qureshi, A. A., W. A. Salser, R. Parmar, and E. E. Emeson. 2001. Novel tocotrienols of rice bran inhibit atherosclerotic lesions in C57BL/6 ApoE-deficient mice. J. Nutr. 131:2606-2618.

Qureshi, A. A., S. A. Sami, and F. A. Khan. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus types I and II. J. Nutr. Biochem. 13:175-187.

Reddy, V. S., S. Dash, and A. R. Reddy. 1995. Anthocyanin pathway in rice（*Oryza Sativa* L.）：identification of a mutant showing dominant inhibition of anthocyanins in leaf and accumulation

of proanthocyanidins in pericarp. Thero. Appl. Genet. 91:301-312.

Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. Food Drug Anal. 6:729-736.

Sakar, S. K. and R. E. Howarth. 1976. Specificity of the vanillin test for flavonols. J. Agric. Food Chem. 24:317-320.

Sarma, A. D., Y. Sreelakshmi, and R. Sharma. 1997. Antioxidant ability of anthocyanins against ascorbic acid oxidation. Phytochemistry 45:671-674.

Takeoka, G. R., L. T. Dao, G. H. Full, R. Y. Wong, L. A. Harden, R. H. Edwards, and J. D. J. Berrios. 1997. Characterization of black bean（*Phaseolus vulgaris* L.） anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45:3395-3400.

Todd, J. J. and L. O. Vodkin. 1993. Pigmented soybean（*Glycine max*） seed coats accumulate proanthocyanidins during development. Plant Physiol. 102:663-670.

Tsuda, T., K. Ohshima, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1994a. Aatioxidative pigments isolated from the seeds of *Phaseolus vulgaris* L. J. Agric. Food Chem. 42:248-251.

Tsuda, T., M. Watanabe, K. Ohshima, S. Norinobu, S. W. Choi, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1994b. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin-3-O-$\beta$-D-glucoside and cyanidin. J. Agric. Food Chem. 42:2407-2410.

Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawadishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. Biochem. Pharmacol. 52:1033-1039.

Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45:304-309.

Xia, M., W. H. Ling, J. Ma, D. D. Kitts, and J. Zawistowski. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. J. Nutr. 133:744-751.

# The Composition and Function of Anthocyanins in Colored Rice[1]

Yi-Ju Shih[2], Toong-Long Jeng[3], Tong-Hai Tseng[3] and

Chang-Sheng Wang[4,5]

## Summary

Shih Y. J., T. L. Jeng, T. H. Tseng, and C. S. Wang. 2004. The composition and function of anthocyanins in colored rice. J. Agric. Res. China 53:221-228.

Colored rice has the characteristic of coloration in the pericarp of rice grains. There are many colored rice in rice germplasm. The pigments of colored rice are mainly located at the pericarp or seed coats of rice grain and are anthocyanin pigments. Anthocyanins are plant unique phenolic compounds derived from flavonoid biosynthetic pathway. The red cyanidins, orange pelargonidin, and purple-blue delphinidin are three major anthocyanins, which are reported to have anti-oxidative activity on lipid and scavenge activity on removing free radical. Therefore, they are considered to be good for human health. The results of HPLC analyses showed that the cyanidin-3-glucoside and peonidin-3-glucoside are two major anthocyanins in the pericarp of black rice, however, the brown rice pericarp contains proanthocyanins as the major pigments. The results of animal tests using pigments from bran layer of colored rice demonstrated that the anthocyanins can relief the atherosclerotic plaque disease of mouse and rabbit through decreasing the cholesterols accumulation, oxidative stress and inflammation. It seems that colored rice can be used as health food. Further study on the utilization value of rice grain on human health is likely to be highly rewarding.

**Key words:** Rice, Colored rice, Anthocyanins, Proanthocyanidin, Anti-oxidative activity.

---

1. Contribution No.2207 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 2, 2004.
2. Research Assistant, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Senior Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: cswang@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302806.

中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53:229~238 (2004)

# Effect of Bagging with Black Paper on Coloration and Fruit Quality of ‘Ruby’ Grapefruit[1]

A-Shiarn Hwang[2,5], Kuang-Liang Huang[3] and Shin-Hsuan Hsu[4]

## ABSTRACT

Hwang, A. S., K. L. Huang, and S. H. Hsu. 2004. Effect of bagging with black paper on coloration and fruit quality of ‘Ruby’ grapefruit. J. Agric. Res. China 53:229-238.

'Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) were covered with black paper bags in late May or early June (early bagging) or early July (late bagging), and changes in the peel and flesh color were measured by spectrophotometer in regular intervals till harvest in late November. Bagging increased chroma and lightness but decreased hue angle gradually on peel, thus resulting in a light reddish orange color during maturation period, while control fruits were bright yellow. The most intense color on peel of bagged fruit occurred in late October. The peel color of early-bagged fruit was redder (smaller hue angle) than that of late-bagged fruit. Compared to controls, bagging only slightly enhanced flesh color during maturation period, and there was no significant different between the two different bagging treatments at harvest. Bagging had limited effect on fruit quality.

**Key words:** Grapefruit, Peel color, Flesh color, Bagging, Fruit quality.

## INTRODUCTION

Rind color influences consumer acceptance of fresh citrus. Based on rind and flesh color, grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) cultivars can be grouped as (1) white rind with white flesh, (2) white rind with pink flesh, (3) pink rind with red flesh and (4) red rind with red flesh (Cameron *et al*. 1964). Most grapefruit cultivars, other than the deep red ones such as 'Rio Red' and 'Star Ruby', do not exhibit obvious external color difference in the field (Porras *et al*. 1996). Their rind usually exhibit yellow or greenish yellow at

1. Contribution No.2206 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: November 2, 2004.
2. Associate Horticulturist, Department of Horticulture, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Horticulture, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan , ROC.
4. Master, Institute of Horticulture, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: hwangas@dns.caes.gov.tw；Fax: (05)2773630.

mature stage. In the researches of grapefruit color, many reports focused primarily on factors affecting pulp and juice color. The color in red grapefruit is related to the variety, rootstock, interstock, age of tree, size of fruit and the seasonal climate (Issa & Mielke 1980; Lee 2000; Lime *et al*. 1954; Oberbacker *et al*. 1960; Purcell & Scheltz 1964; Rouseff *et al*. 1992; Ting & Deszyck 1958).

Lycopene and β−carotene are the main pigments in pink and red grapefruits (Curl & Bailey 1957; Khan & MacKinney 1953; Rouseff *et al*. 1992), and there is a significant correlation between color index and lycopene content in flesh or juice of these cultivars (Lee & Coats 1999; Lee 2000; Ting & Deszyck 1958). 'Marsh' grapefruit, a typical white cultivar, normally contained only trace colored-carotenoid pigments in peel (Yokohama & White 1967) and pulp (Khan & MacKinney 1953). However, intense red color can be induced in the peel of developing fruit by chemical spray (Yokohama & DeBenedict 1972).

Many kinds of fruits are covered with paper bags in Taiwan to protect them from oriental fruit fly (*Dacus doralis*) damage. In addition, bagging with black paper also improves external color of red grapefruits. The purpose of this study was to investigate the effects of bagging with black paper at various developmental stages on the coloration of 'Ruby' grapefruit for obtaining a more intense and pleasing color, which is preferred in the market. The effect of bagging on fruit quality was also investigated.

# MATERIALS AND METHODS

The experiments were conducted for two consecutive years in an 8-year-old 'Ruby' grapefruit orchard located in Gukeng, Yurn-Lin. A complete randomized design with 6 replicates, 1 tree per replicate, was used. Trees were grafted on 'Bitter' pummelo seedlings and planted in 1991 with a spacing of 6 x 5 m. The orchard was managed using common commercial practices with micro sprinkler irrigation. Black paper bags (Dah-Shehng Co., Yurn-Lin, Taiwan) were placed over fruits either on 26 May (early bagging) or 1 July (late bagging) in 1999 and 3 June (early bagging) or 2 July (late bagging) in 2000. Fruits in control trees were not bagged. The bags measured 27.5 x 16.0 cm, had a weight of 40.32 $g/m^2$, a thickness of 0.068mm, a ventilation rate of 13.9 cc/sec, and two 4 cm opening at each bottom corner. Measurement of rind color began from early September (1999) or late June (2000) till harvest, and 12 fruits per tree were randomly sampled from the outer canopy (1999) or inner canopy receiving little or no direct sunlight (2000).

The colors of peel and flesh were measured as CIE L*, a*, and b* values using a spectrophotometer (Color-Guide, BYK-Gardner, Maryland, USA ) with illuminant D65 and observer angle $10^0$. Chroma 〔$C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$〕 and hue angle〔$h^o=\tan^{-1}(b^*/a^*)$〕were calculated from the parameters (McGuire 1992). Total color difference (△E*) between the treatments defined by $(\triangle L^{*2}+\triangle a^{*2}+\triangle b^{*2})^{1/2}$. Four equidistant measurements were taken around the equator of each fruit. Measurement of flesh color began in July when the fruit reached the size that was measurable to the spectrophotometer (measurement aperture 20 mm). Fruits were cut transversely into halves, and 4 readings were taken at equidistant locations near the albedo on the top-end half of each fruit.

Fruits were harvested on 18 Nov. in 1999 and 21 Nov. in 2000. For quality analysis, juice was extracted with a electrical citrus juicer (model MPZ 6, Braun, USA). Acidity was determined by titrating

with 0.1N NaOH solution. Sugar content was measured with handy refractometer (Atago, N1). Means separation was performed using Duncan's Multiple Range Test.

# RESULTS AND DISCUSSION

## Changes in peel color

Changes in peel color expressed by lightness ( CIE L*), chroma (C*) and hue angle ($h^o$) were similar in two years as shown in Fig. 1 and Fig. 2, although fruits were sampled from different positions (outer canopy in 1999 or inner canopy in 2000). After bagging, the peel color of both bagged fruits changed consistently toward a deepest color of hue angle 60 (reddish orange) in late-October and followed by a small increase, and that of control fruit decreased toward 90 (yellow color) at harvest. By 8 Sept. 1999, the peel of early-bagged fruits had become orange yellow with CIE L*, C* and $h^o$ values of 68.4, 40.6 and 77.0, respectively. Fruits of late bagging were bright yellow with CIE L*, C* and $h^o$ values of 70.2, 44.4 and 85.3, respectively, while that of control fruits remained greenish yellow with CIE L*, C* and $h^o$ values of 48.6, 30.7 and 110.7, respectively. Lightness and chroma values of the bagged fruit increased rapidly after bagging as compared to the control fruit in the same developmental stage. These two color parameters of control fruit didn't increase until maturation period, and only the C* value at harvest in 1999 was significantly higher than the bagged fruits. Early-bagged fruits had smaller hue angle, higher lightness and higher chroma in peel than late-bagged ones did during maturation period, which reflected a brighter redder color (Fig. 3).

Francis & Clydesdale (1975) indicated that a total color difference of 2 would be noticeable different for most products. The peel color of both bagged fruit can be described as reddish orange at harvest, however the difference was perceived with total color differences $\triangle E^* = 3.5$ in 1999 and $\triangle E^* = 6.0$ in 2000 (Table 1). As season progressed, the peel color of control fruit changed from green, light yellow green toward bright yellow, a hue angle of 88.4 in 1999 and 93.8 in 2000 at harvest. The total color differences on peel between control and bagged fruit in the two years were higher than 19 (Table 1).

## Changes in flesh color

The CIE L* and C* values in flesh of the whole 3 treatments declined consistently throughout the investigation period as shown in Fig. 4. The main difference in flesh was that the control fruits had larger hue angle ($p<0.05$) as compared to the bagged fruits since late September. Although the differences of CIE L*

**Table 1.** Effect of bagging periods on total color difference between treatment in peel and flesh of 'Ruby' grapefruit

| $\triangle E^{*z}$ between treatments[y] | Peel | | Flesh | |
|---|---|---|---|---|
| | 1999 | 2000 | 1999 | 2000 |
| Early and control | 22.9 | 25.7 | 2.0 | 0.3 |
| Late and control | 19.9 | 21.8 | 2.6 | 1.4 |
| Early and late | 3.5 | 6.0 | 0.8 | 1.3 |

[z] Total color difference $\triangle E^* = (\triangle L^{*2} + \triangle a^{*2} + \triangle b^{*2})^{1/2}$.

[y] Early: bagged with black paper on 26 May 1999 or 3 June 2000; Late: bagged on 1 July 1999 or 2 July 2000; Control: not bagged. Color was measured at harvest in late November.

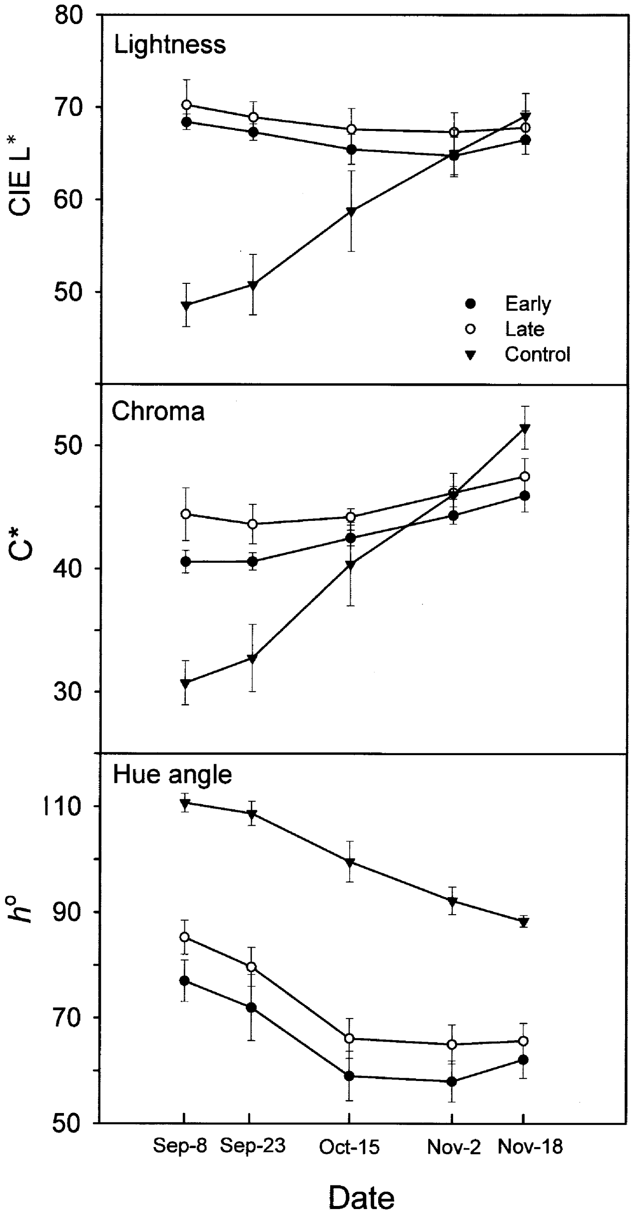



**Fig. 1.** Changes of color parameters in the peel of 'Ruby' grapefruit bagged with black paper during mature season in 1999 (mean±se, treatments, as Table 1). The color was measured using CIE Lab system. CIE L* value indicates lightness, black=0 to white =100. Chroma 〔$C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$〕 is an index of color intensity, and color intensifies with greater value. Hue angle〔$h^o=\tan^{-1}(b^*/a^*)$〕represents different color, 0° = red-purple, 45° = orange, 90° = yellow, 180° =bluish green and 270° = blue.

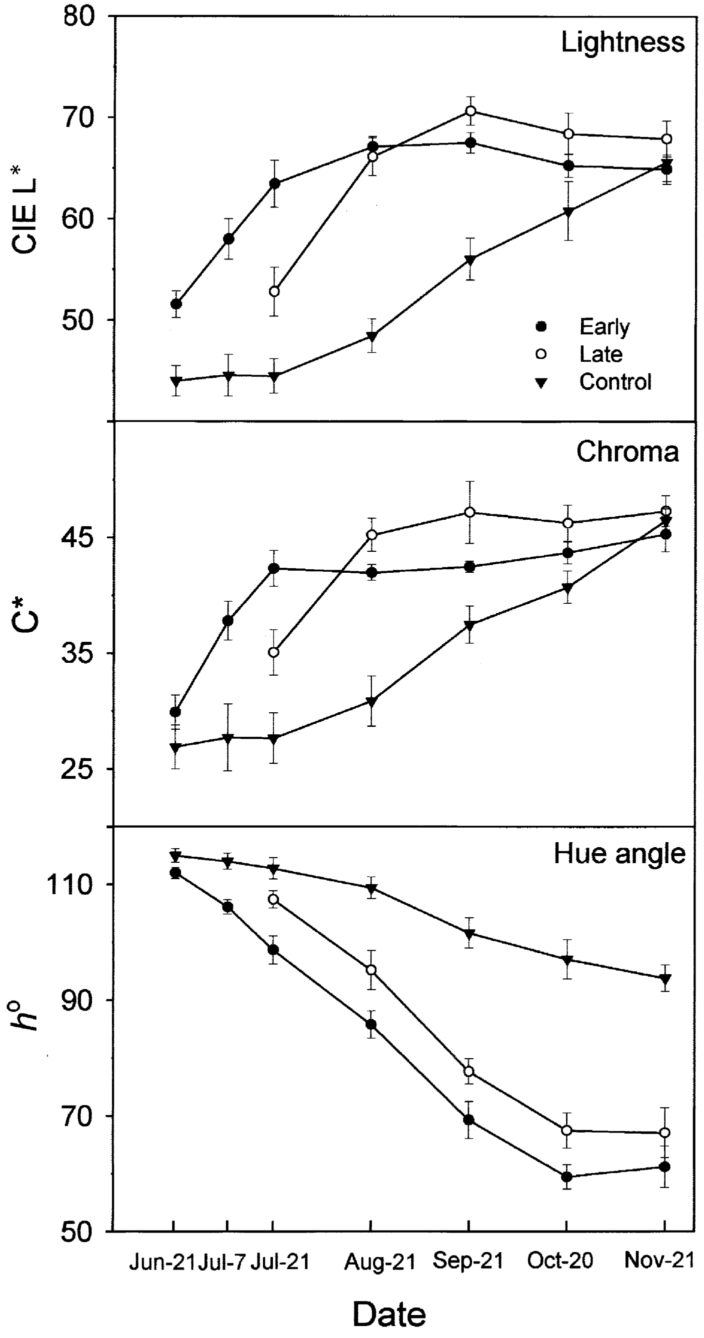



**Fig. 2.** Changes of color parameters in the peel of ‘Ruby’ grapefruit after bagging with black paper in 2000 (mean±se). Treatments and color parameters see Table 1 and Fig. 1 respectively.

**Fig. 3.** Effect of Bagging periods with black paper on coloration of 'Ruby' Grapefruit. Fruit were bagged on 3 June (early bagging, middle row) produced redder color on peel during maturation period than those bagged on 2 July (late bagging, upper row), and control fruits (lower row) were greenish. Fruits were picked and photographed 5 November 2000.

value among treatments were small, the difference showed with 5% significant different level. The hue angle declined to the lowest level of 46.3 for control fruit on 21 Aug. and that was 44.9, 45.4 for early- and late-bagged fruits on 21 Sept., respectively. Then, they increased slightly with maturity till harvest in late November. This color change in flesh agreed to the previous reports (Lee 2000; Lime *et al*. 1954; Oberbacher *et al*. 1960; Porras *et al*. 1996; Ting *et al*. 1980). There was no significant difference in hue angle of flesh between early and late bagging at harvest and both were slight smaller than that of the control. The total color difference ($\triangle E^*$) in flesh among the treatments (<3.0) were quite small than those in the peel (Table 1.).

As lycopene with a lesser extent of β−carotene are the major pigments in red grapefruit cultivars (Curl & Bailey 1957; Khan & MacKinney 1953; Rouseff *et al*. 1992) and their concentrations have a significant relationship with the color (Lee & Coats 1999; Lee 2000; Ting & Deszyck 1958), the color changes in this study might also relate to these pigments.

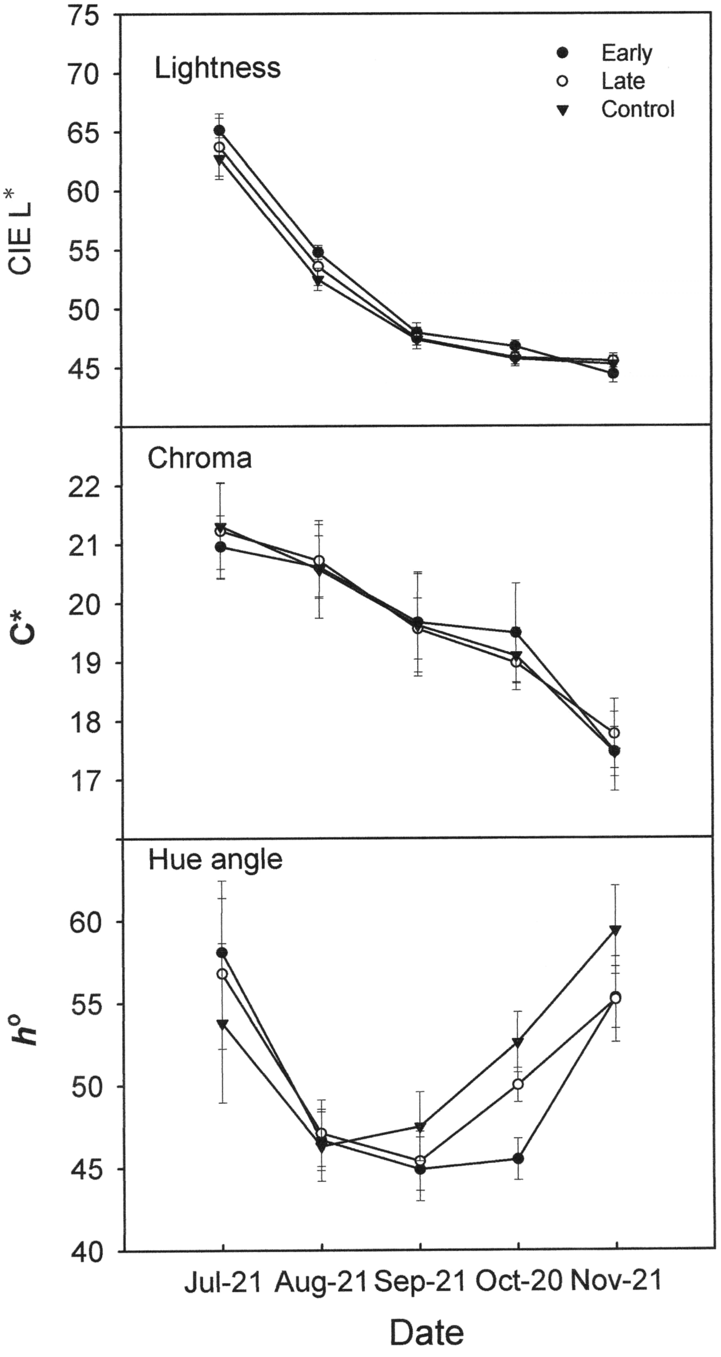



**Fig. 4.** Changes of color parameters in the flesh of ‘Ruby’ grapefruit bagged with black paper in 2000. (mean±se). Treatments and color parameters see Table 1 and Fig. 1 respectively.

Table 2. Influences of bagging with black paper on fruit quality of 'Ruby' grapefruit in two consecutive years

| Investigation year | Treatment[z] | Fruit weight (gm) | Diameter[y] (mm) Trans. | Diameter[y] (mm) longi. | Rind thickness (mm) | Juice yield (%) | Sugar content (°Brix) | Acid content (%) | Sugar/ acid ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1999 | Early | 399.7 | 98.1 | 86.1 | 5.3 | 51.6 | 8.3 | 0.96 | 8.64 a[x] |
| 1999 | Late | 396.1 | 98.2 | 85.8 | 5.6 | 50.3 | 7.8 | 1.03 | 7.64 b |
| 1999 | Control | 404.8 | 98.4 | 86.1 | 5.3 | 50.3 | 7.7 | 1.06 | 7.34 b |
| 2000 | Early | 392.3 | 97.3 | 82.3 | 4.7 a | 53.7 a | 7.6 | 1.04 b | 7.29 a |
| 2000 | Late | 398.4 | 99.6 | 83.4 | 4.9 a | 51.2 b | 7.3 | 1.10 ab | 6.56 ab |
| 2000 | Control | 372.4 | 94.5 | 81.8 | 4.2 b | 55.1 a | 7.3 | 1.13 a | 6.41 b |

[z] As in Table 1.
[y] trans.: transversal; longi.: longitudinal.
[x] Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple rang test (p=0.05).

**Influence of bagging on fruit internal quality**

Table 2 shows the 2-years' fruit quality analysis results. The main difference among the treatments was that fruits of early bagging had higher sugar/acid ratio than the control. This was due to the higher sugar and lower acid content of early bagging fruits in both years, whereas only acid content in the latter year was significantly different between treatments. The rind thickness and juice yield showed a significant difference among treatments in the latter year. The other major characteristics of fruit quality including fruit weight, longitudinal and transverse diameter and sugar content were not significantly different in both years.

Citrus fruits are non-climacteric and undergo slow and gradual development in both external and internal quality (Spiegel-Roy & Goldschmidt 1996). In this study, bagging 'Ruby' grapefruit with black paper altered the peel color from bright yellow to reddish orange gradually with limited effect on major characteristics of fruit quality. In order to obtain a redder peel color, 'Ruby' and probably all the red cultivars of grapefruit should be bagged with black paper at an earlier stage and harvested in late October.

# LITERATURE CITED

Cameron, J. W., R. K. Soost, and F. O. Olson. 1964. Chimeral basis for color in pink and red grapefruit. J. Hered. 55:23-28.

Curl, A. I. and G. F. Bailey. 1957. The carotenoids of Ruby Red grapefruit. Food Res. 22:63-68.

Francis F. J. and F. M. Clydesdale. 1975. Food colormetry: Theory and Applications. The AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT. USA.

Issa, J. and E. A. Mielke. 1980. Influence of certain citrus interstocks on β–carotene and lycopene levels in 10-year-old 'Redblush' grapefruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105(6):807-809.

Khan, M. U. D. and G. MacKinney. 1953. Carotenoids in grapefruit, *Citrus paradisi*. J. Plant Physiol. 28:550-552.

Lee, H. S. 2000. Objective measurement of red grapefruit juice color. J. Agric. Food Chem. 48:1507-1511.

Lee, H. S. and G. A. Coates. 1999. Thermal pasteurization effects on color of red grapefruit juices. J. Food Sci. 64(4):663-666.

Lime, B. J., T. S. Stephens, and F. P. Griffiths. 1954. Processing characteristics of colored Texas grapefruit. I. Color and maturity studies of Ruby Red grapefruit. Food Technol. 8(12):566-569.

McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hortscience 27(12):1254-1255.

Oberbacher, M. F., S. V. Ting, and E. J. Deszyck. 1960. Internal color and carotenoid pigments of Burgundy grapefruit. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 75:262-265.

Porras, I., A. Garcia, C. Egea, A. Conesa, M. F. Garcia-Legaz, and J. M. Ortiz. 1996. Internal and external color changes in different grapefruit varieties. Proc. Int. Soc. Citriculture 1113-1116.

Purcell, A. E. and E. F. Schultz, Jr. 1964. Influence of fruit age on lycopene concentration in colored grapefruit. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 85:183-188.

Rouseff, R. L., G. D. Sadler, T. J. Putnam, and J. E. Davis. 1992. Determination of β-carotene and other hydrocarbon carotenoids in red grapefruit cultivars. J. Agric. Food Chem. 40:47-51.

Spiegel-Roy, P. and E. E. Goldschmidt. 1996. Biology of Citrus. Cambridge University Press. New York. 230 pp.

Ting, S. V. and E. J. Deszyck. 1958. The internal color carotenoid pigments of Florida red and pink grapefruit. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 71:271-277.

Ting, S. V., R. L. Huggart, and M. A. Ismail. 1980. Color and processing characteristics of 'Star Ruby' grapefruit. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 93:293-295.

Yokoyama, H. and C. DeBenedict. 1972. Induced color change in grapefruit and orange. Phytochem. 11:1721-1724.

Yokoyama, H. and M. J. White. 1967. Carotenoids in the peel of seedless grapefruit. J. Agric. Food Chem. 15(4):693-696.

# 套黑色紙袋對 'Ruby' 葡萄柚果實色澤轉變與品質的影響 [1]

黃阿賢[2,5] 黃光亮[3] 許世弦[4]

## 摘　　要

黃阿賢、黃光亮、許世弦。2004。套黑色紙袋對’Ruby’葡萄柚果實色澤轉變與品質的影響。中華農業研究 53:229-238。

’Ruby’葡萄柚（*Citrus paradisi* Macf.）果實於五月下旬或六月上旬（早期套袋）或七月上旬（晚期套袋）套以黑色紙袋，處理後至採收期間用色差儀定期測量果皮與果肉之顏色變化，以色相角度（hue angle）、明度（lightness）、彩度（chroma）表示之。套袋後果皮之明度與彩度漸增加、但色相角度漸減少。至 11 月下旬採收時，套袋者果皮已轉成淡橙紅色，不套袋者為較明亮之黃色。套袋者果皮色澤最深之時期為 10 月下旬，早期套帶之果皮顏色較晚期套帶者紅。套袋僅稍影響果肉之色相角度，成熟期間兩套袋者色相角度均較不套袋者略小（偏紅色），至採收時兩套袋者間已無差異。套袋對果實品質之影響有限。

**關鍵詞：**葡萄柚、果皮顏色、果肉顏色、套袋、果實品質。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2206 號。接受日期：93 年 11 月 2 日。
2. 本所嘉義分所園藝系副研究員。臺灣　嘉義市。
3. 國立嘉義大學園藝學系教授。臺灣　嘉義市。
4. 國立嘉義大學園藝研究所碩士。臺灣　嘉義市。
5. 通訊作者，電子郵件：hwangas@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53:239~248 (2004)

# 夾竹桃紅顏料對瓜實蠅 *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (雙翅目：果實蠅科) 之毒效評估 [1]

董耀仁[2] 陳健忠[2,3]

## 摘 要

董耀仁、陳健忠。2004。Phloxine B 對瓜實蠅 *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (雙翅目：果實蠅科)之毒效評估。中華農業研究 53:239-248。

將不同濃度之夾竹桃紅顏料(Phloxine B)加入成蟲飼料(酵母抽出物：糖＝1：3)中供瓜實蠅取食後測試其對瓜實蠅之毒效。試驗結果 Phloxine 毒效隨著濃度和光照強度的提高而增加。瓜實蠅於黑暗中取食含有 Phloxine B 飼料 4 小時後換成正常飼料，只有照光才會死亡。1%濃度以上處理組於光照 4 小時內，雌雄蠅死亡率均達 100%。各處理組之死亡率於開始光照後 24 小時內發生，超過 24 小時不會再有瓜實蠅死亡。於黑暗環境下，瓜實蠅需連續取食含有 Phloxine B 飼料至少 2 天以上才會死亡。2%及 4%處理組，分別於連續取食含 Phloxine B 飼料 5 及 4 天後，雌雄蠅均達 100%死亡率。取食含有 Phloxine B 飼料的瓜實蠅雌蟲會降低產卵量，且過高的濃度會降低瓜實蠅的取食量。

**關鍵詞：**果實蠅、二苯并吡喃顏料、毒餌、生殖力、害蟲防治。

## 前 言

瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett )，屬雙翅目，果實蠅科，主要危害葫蘆科和茄科作物，其寄主植物多達十六科八十餘種，為本省瓜果類作物之重要害蟲(方&章 1987；李 1972)。其防治工作主要由政府推廣懸掛克蠅誘殺板，期能降低瓜實蠅密度，且同時重點補助農民於密度高時點噴含毒蛋白質水解物加以防治(劉 1990)。對哺乳類低毒的馬拉松於 1956 年便開始用於防治地中海果實蠅(*Ceratitis capitata* (Wiedemann))，其後三十餘年一直是添加含毒蛋白質水解物中防治果實蠅的主要的推薦藥劑(Roessler 1989)。雖然含毒蛋白質水解物對果實蠅有良好的防治效果，但因農藥對人類健康及環境的影響甚鉅，尤其是對有益昆蟲如蜜蜂及各類天敵更常造成毒害，因此尋找比較安全的替代藥劑以減少高毒性藥劑的使用，一直是學者努力的目標(Peck & Mcquate 2000)。

藉由光照，某些光活性分子會對活的細胞產生毒性反應。而夾竹桃紅顏料(Phloxine B)為光活性分子的一種，屬於含鹵素分子的二苯并吡喃(Halogenated xanthene dyes)顏料。最早發現此類顏料對昆蟲具光毒性反應者為 Barbieri, 其於 1928 研究指出伊紅(Eosin)、赤蘚紅(Erythrosin)、玫瑰紅(Rose bengal)

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2208 號。接受日期：93 年 12 月 12 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：chiencc@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04) 23302804。

等二苯并吡喃顏料，於光照下對蚊子幼蟲產生毒性(Bergsten 1997)。此種經由光、光敏感物質及氧三者作用下，對生物、細胞及病毒產生致死或傷害，或是引起有機分子產生化學變化的反應稱為光動反應(Photodynamic reaction) (Spikes & Glad 1964)。到目前為止，至少發現有二十種以上的昆蟲對特定有機顏料分子所產生的光動反應具感受性(Heitz 1995)。其中果實蠅類害蟲，因腸道為半透明，具有較佳之透光性，被認為適合使用此類光敏感物質作為毒劑來防治(Robert 1995)。至今已有包括地中海果實蠅(*C. capitata* (Wiedemann))、墨西哥果實蠅(*Anastrepha ludens* (Loew))、東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))、西印度果實蠅(*Anastrepha obliqua* (Macquart))等證實對 Phloxine B 具感受性，且田間試驗結果顯示 Phloxine B 具有成為田間防治用藥的潛力(Licudine *et al.* 2001；Mangan & Moreno 2001；Mcquate *et al*. 1999；Moreno *et al*. 2001；Peck & Mcquate 2000；Vargas *et al*. 2001)。本試驗將 Phloxine B 添加於食物誘餌中，測試其對瓜實蠅之毒效，並探討此毒餌用於田間防治之可行性。

# 材料與方法

### 供試瓜實蠅

將採自霧峰田間的瓜實蠅幼蟲，在室內以人工飼料飼育作為供試蟲源。幼蟲培養基依劉及蕭(1984)之配方配製，成蟲則以酵母抽出物加蔗糖 (1:3) 飼養於飼育箱 (30×30×30 cm) 內，飼養環境為 25±1℃，光照 8 小時。

### 供試藥劑和稀釋倍數

供試藥劑為 Phloxine B, C.I. no. 45410 (Sigma-Aldrich Co.)。將 Phloxine B 加入成蟲飼料中，配成 0.125%、0.25%、0.5%、1%、2%及 4% 六種不同濃度餌劑備用。

### 光照強度測定

試驗所需光照強度，由調整燈管數目及處理與光源距離並以數字型照度計 DX-200, serial no. 201294 (INS Enterprise Co., Ltd.) 測得。

### 毒效評估

不同濃度 Phloxine B 對瓜實蠅之毒效：將已先飢餓 16-18 小時之瓜實蠅，移入圓形透明塑膠桶(直徑 15 cm ×高 20 cm)內，塑膠桶上面覆蓋 100 目絹網。供給分別含有 0.125%、0.25%、0.5%、1%、2%及 4% 六種不同濃度 Phloxine B 之餌劑和正常之成蟲飼料為對照組，各處理飼料取 100 mg 均勻置於直徑 6 cm 之塑膠培養皿中，每個桶內放置一個培養皿並供水給瓜實蠅取食。塑膠桶置於未開燈之 25℃定溫箱中，瓜實蠅取食 4 小時後，進行下列研究：(1)更換成正常之成蟲飼料及供給產卵器，並打開光源(8 支燈管；Philips fluorescent lamp, TL 20W/54RS), 光照強度為 8000 lux，光照 8 小時後關燈至隔天早上六點開燈，然後維持每天 12 小時光照時間。產卵器為一白色底片盒，直徑 3 cm x 高 5 cm，產卵器底部有 30 個直徑 0.1 cm 圓孔，內塗新鮮苦瓜汁，苦瓜汁由現採無受害直徑 1.5 cm，長 10 cm 之小苦瓜〈月華〉壓榨而得。產卵器放置於塑膠桶側面開孔，誘引瓜實蠅產卵。於光照後記錄 1、2、3、4、8、24、48 及 72 小時死亡蟲數，並於光照後 1 天記錄產卵數。每處理 20 對瓜實蠅，四重複。(2) 更換成正常之成蟲飼料，於持續黑暗環境下，經 1、2、3、4、8、24、48 及 72 小時後記錄死亡蟲數，每處理 20 對瓜實蠅，四重複。(3)於黑暗中持續取食餌劑，每天記錄死亡蟲數至第 7 天為止 ，每處理 20 對瓜實蠅，四重複。

不同光照強度對 Phloxine B 毒效之影響：將已先飢餓 16-18 小時之瓜實蠅，移入如前述之圓形透明塑膠桶(上面覆蓋 100 目絹網)，供給含 1% Phloxine B 之餌劑與水，並以正常之成蟲飼料為對照組，

置於未開燈之 25℃定溫箱中，經取食 4 小時後，更換成正常之成蟲飼料移入 1500 lux(開 1 支燈管)、3000 lux(開 2 支燈管)、6000 lux(開 4 支燈管)、12000 lux(8 支燈管全開)等比例增加光照及未開燈等五種不同光照強度(Philips fluorescent lamp, TL 20W/54RS)之 25℃定溫箱中，於開始照光後紀錄 1-8 小時，每小時死亡蟲數，每處理 20 對瓜實蠅，四重複。

取食忌避試驗：將已先飢餓 16-18 小時之瓜實蠅，移入不鏽鋼網箱(35 x 35 x 35 cm)，網箱內逢機排列放置分別含 0.125%、0.25%、0.5%、1%、2%及 4% 六種不同濃度 Phloxine B 之餌劑和正常之成蟲飼料做為對照，各處理飼料 100 mg 分別置於直徑 6 cm 之塑膠培養皿中，箱內並放置水供 50 對瓜實蠅取食。網箱置於未開燈之 25℃定溫箱中經 1 天後，稱取各處理組所餘飼料之重量並計算瓜實蠅取食量。每處理五重複。

**統計分析**

各項試驗之瓜實蠅死亡率、產卵數、取食量以 SAS (Statistical Analysis System) (SAS 2001)套裝統計分析軟體進行分析，並用 Fisher’s protected least significant difference test (LSD)比較各處理平均值之差異顯著性，顯著水準為 5%。

# 結　果

**不同濃度 phloxine B 對瓜時蠅之毒效**

瓜實蠅取食含有不同濃度 Phloxine B 餌劑後，在黑暗情況下經過三天仍無瓜實蠅死亡，但於有光的環境下，瓜實蠅死亡率隨著 Phloxine B 的濃度增加而顯著增加，100%致死時間隨著 Phloxine B 濃度增加而縮短(表 1)。取食 4%餌劑的瓜實蠅，雌雄蠅於照光 1 小時均達 100%死亡率；1 及 2%處理組雌雄蠅分別於照光 4 及 3 小時達 100%死亡率；0.5%處理組雌蠅於照光 8 小時達 100%死亡率，雄蠅於開始照光後 24 小時達 97.5%死亡率，但至第三天未再有雄蠅死亡(表 1)。0.25%處理組於開始照光後 24 小時，雌雄蠅死亡率分別為 95.0 及 72.5%，且至第三天皆未再有瓜實蠅死亡。而 0.125%處理組於開始照光後 24 小時，雌雄蠅死亡率分別為 52.5 及 7.5%，且至第三天皆未再有瓜實蠅死亡(表 1)。於黑暗中，瓜實蠅持續取食兩天以上含 Phloxine B 之餌劑仍會死亡(表 2)。4% Phloxine B 於連續取食到第四天，雌雄蠅達 100%死亡率，2%處理組則在第五天達 100%死亡率。1% Phloxine B 至第七天雌雄蠅死亡率分別為 93.8 及 98.8%，0.5% Phloxine B 分別只有 22.5 及 47.5%，而 0.25 及 0.125%Phloxine B 之死亡率與對照組無顯著差異(表 2)。瓜實蠅雌蟲取食含有不同濃度 Phloxine B 餌劑後，除 0.25%平均產卵量為 0.5 粒卵外，其餘處理組均為 0，均顯著少於對照組的 139.5 粒卵(表 3)。

**不同光照強度對 phloxine B 毒效之影響**

光照強度明顯影響 Phloxine B 的殺蟲效果，瓜實蠅取食含有 1% Phloxine B 餌劑後，於全暗的環境 8 小時內雌雄蟲均無死亡，1500 lux 光照環境 1 小時雌雄蟲死亡率分別只有 10.0 及 15.0%，但於 12000 lux 光照環境下 1 小時，雌雄蟲死亡率可達 80.0 及 90.0%。而 4 小時後，除全黑暗及 1500 lux 處理組之雌蟲外，其餘處理組之雌雄蟲均達 100%死亡率(表 5)。

**phloxine B 對瓜實蠅之取食忌避效應**

餌劑中含有較高濃度的 Phloxine B 明顯降低瓜實蠅的取食偏好，2%處理組平均餌劑取食量為 17.3 mg，而 4%更只有 5.7 mg，均顯著少於對照組的 39.7 mg(表 4)，顯示高濃度的 Phloxine B 會對瓜實蠅產生取食忌避作用。

**表 1.** 瓜實蠅取食含不同濃度 Phloxine B 飼料 4 小時後於室內每天光照與持續無光環境下之死亡率

**Table 1.** Mortality of *B. cucurbitae* fed with Phloxine B-containing diets in the dark for 4 hr and then kept continuously in the dark or in the environment with the photoperiod of 12：12 (L：D) hr

| Conc. of Phloxine B (%) | Mean percent mortality after feeding (± SE) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Continuously in the dark | | With the photoperiod of 12：12 (L：D) hr | | | | | | | | | | | | | |
| | 72 hr | | 1 hr | | 2 hr | | 3 hr | | 4 hr | | 8 hr | | 24 hr | | 72 hr | |
| | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male |
| 0.125 | 0.0 a[z] | 0.0 a | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 2.5 a (± 2.5) | 0.0 c | 10.0 d (± 4.1) | 0.0 c | 47.5 b (± 13.8) | 5.0 c (± 2.9) | 52.5 b (± 16.5) | 7.5 c (± 2.5) | 52.5 b (± 16.5) | 7.5 c (± 2.5) |
| 0.25 | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 12.5 a (± 9.5) | 0.0 c | 27.5 c (± 4.8) | 2.5 c (± 2.5) | 90.0 a (± 5.8) | 65.0 b (± 15.5) | 95.0 a (± 5.0) | 72.5 b (± 14.4) | 95.0 a (± 5.0) | 72.5 b (± 14.4) |
| 0.5 | 0.0 a | 0.0 a | 7.5 d (± 4.9) | 7.5 c (± 4.9) | 42.5 b (± 13.8) | 30.0 b (± 10.8) | 65.0 b (± 15.5) | 47.5 b (± 8.5) | 82.5 b (± 8.5) | 62.5 b (± 8.7) | 100.0 a | 95.0 a (± 5.0) | 100.0 a | 97.5 a (± 2.5) | 100.0 a | 97.5 a (± 2.5) |
| 1 | 0.0 a | 0.0 a | 37.5 c (± 6.3) | 42.5 b (± 8.5) | 85.0 a (± 9.6) | 85.0 a (± 11.9) | 95.0 a (± 5.0) | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| 2 | 0.0 a | 0.0 a | 85.0 b (± 2.9) | 100.0 a | 90.0 a (± 4.1) | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| 4 | 0.0 a | 0.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| Control | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS Institute 2001).

**表 2.** 瓜實蠅於無光環境下連續取食含不同濃度 Phloxine B 飼料之死亡率
**Table 2.** Mortality of *B. cucurbitae* feeding continuously on Phloxine B-containing diets in the dark

| Conc. of Phloxine B (%) | Mean percent mortality after feeding (± SE) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 day | | 2 day | | 3 day | | 4 day | | 5 day | | 6 day | | 7 day | |
| | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male |
| 0.125 | 0.0 a[z] | 0.0 a | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 c |
| 0.25 | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 1.3 c | 1.3 d | 1.3 d | 1.3 d | 3.8 c | 2.5 c |
| | | | | | | | | | (± 1.3) | (± 1.3) | (± 1.3) | (± 1.3) | (± 2.4) | (± 1.4) |
| 0.5 | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 1.3 c | 3.8 c | 2.5 c | 3.8 c | 10.0 c | 11.3 c | 18.8 c | 22.5 b | 47.5 b |
| | | | | | | (± 1.3) | (± 2.4) | (± 1.4) | (± 2.4) | (± 2.0) | (± 3.1) | (± 4.3) | (± 3.2) | (± 8.3) |
| 1 | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 c | 0.0 b | 7.5 c | 12.5 b | 26.3 b | 45.0 b | 42.5 b | 67.5 b | 71.3 b | 90.0 b | 93.8 a | 98.8 a |
| | | | | | (± 1.4) | (± 3.2) | (± 4.7) | (± 6.1) | (± 4.3) | (± 3.2) | (± 3.1) | (± 4.6) | (± 1.3) | (± 1.3) |
| 2 | 0.0 a | 0.0 a | 10.0 b | 18.8 a | 78.8 b | 87.5 a | 92.5 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| | | | (± 4.6) | (± 2.4) | (± 3.1) | (± 8.7) | (± 3.2) | | | | | | | |
| 4 | 0.0 a | 0.0 a | 27.5 a | 25.0 a | 95.0 a | 93.8 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| | | | (± 4.8) | (± 6.5) | (± 3.5) | (± 6.3) | | | | | | | | |
| Control | 0.0 a | 0.0 a | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 c |

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS Institute 2001).

**表 3.** 瓜實蠅雌蟲取食含 Phloxine B 飼料後之產卵量

**Table 3.** Fecundity of female *B. cucurbitat* after 4 hr of feeding on Phloxine B-containing diets

| Conc. of Phloxine B (%) | No. of eggs produced per female during 24 hr (± SE) |
|---|---|
| 0.125 | 0.0 b[z] |
| 0.25 | 0.5 ± 0.5 b |
| 0.5 | 0.0 b |
| **1** | 0.0 b |
| 2 | 0.0 b |
| 4 | 0.0 b |
| Control | 139.5 ± 33.5 a |

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS Institute 2001).

**表 4.** 瓜實蠅對含不同濃度 Phloxine B 飼料之取食量

**Table 4.** Food consumption of *B. cucurbitae* in 24 hr as given various concentrations of Phloxine B-containing diets simultaneously

| Conc. of Phloxine B (%) | Mean Consumption (mg) (± SE) |
|---|---|
| 0.125 | 40.2 ± 1.1 a[z] |
| 0.25 | 38.5 ± 1.8 a |
| 0.5 | 39.4 ± 1.8 a |
| 1 | 37.7 ± 1.7 a |
| 2 | 17.3 ± 0.8 b |
| 4 | 5.7 ± 0.7 c |
| Control | 39.7 ± 0.5 a |

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS Institute 2001).

**表 5.** 瓜實蠅取食含 1% Phloxine B 飼料 4 小時後於不同光照強度環境下之死亡率

**Table 5.** Mortality of *B. cucurbitae* fed with 1% Phloxine B diet in the dark for 4 hr and then kept in growth chambers with different intensity of lights or without light

| Light intensity | Treatment | Mean percent mortality after feeding (± SE) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 hr | | 2 hr | | 3 hr | | 4 hr | |
| | | Female | Male | Female | Male | Female | Male | Female | Male |
| Dark | Phloxin B diet | 0.0 c[z] | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 d | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b |
| | Control | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1500 lux | Phloxin B diet | 10.0 bc (± 4.1) | 15.0 cd (± 5.0) | 40.0 c (± 4.1) | 47.5 c (± 6.3) | 82.5 b (± 2.5) | 100.0 a | 97.5 a (± 2.5) | 100.0 a |
| | Control | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3000 lux | Phloxin B diet | 25.0 b (± 8.7) | 30.0 c (± 7.1) | 77.5 b (± 9.5) | 85.0 b (± 8.7) | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| | Control | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6000 lux | Phloxin B diet | 65.0 a (± 9.6) | 65.0 b (± 13.2) | 95.0 a (± 5.0) | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| | Control | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12000 lux | Phloxin B diet | 80.0 a (± 0.0) | 90.0 a (± 5.8) | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| | Control | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS Institute 2001).

# 討　　論

Phloxine B 因其不具接觸毒，通常必須經昆蟲食入照光後才產生殺蟲效果，且美國已登記使用於藥物及化妝品數十年未有不良反應發生(Lipman 1995)。此種相對安全的特性，吸引研究人員探討其使用於防治果實蠅的潛力。

Moreno & Mangan (1995)的研究顯示，墨西哥果實蠅於微光環境下取食含有不同濃度 Phloxine B 的蛋白質水解物 24 小時後移至戶外，其死亡時間隨著濃度的增加而縮短，且天候為陰天或晴天會明顯影響 Phloxine B 的殺蟲效果。本試驗中取食含有 Phloxine B 餌劑 4 小時後之瓜實蠅，若供給正常飼料且不接觸光線 3 天內不會死亡，但於光照環境下，Phloxine B 餌劑的殺蟲效果十分快速明顯，4%處理組於光照 1 小時，死亡率即可達 100%。

本試驗結果顯示不同光照強度明顯影響取食餌劑後瓜實蠅的死亡時間，光照強度 3000 lux 以上，1%處理組即可產生良好且快速的殺蟲效果。比較試驗期間(92 年 6-9 月)戶外所測得日光強度在上午 8-9 點間約 5000 lux，中午 12 點時大於 60000 lux，下午 5-6 點間約 2500 lux，顯示瓜實蠅於白天在田間活動時，應可接受到大於試驗所使用之光照強度。以光強度愈強，殺蟲效果愈快速的試驗結果而言，同樣濃度 Phloxine B 餌劑於田間之殺蟲效果可能會大於本試驗之結果。

雖然 4%餌劑有良好的殺蟲效果，但在餌劑取食量試驗中發現 Phloxine B 濃度超過 2%時會降低瓜實蠅的取食量。研究顯示取食含 $5\times10^{-3}$M rose bengal 糖液之家蠅(*Musca domestica* (Linnaeus) )，死亡率明顯較 $3\times10^{-3}$M 處理組低，原因為 $5\times10^{-3}$M 處理組蟲體內 rose bengal 含量偏低，推測過量的 rose bengal 會對家蠅產生取食忌避作用(Fondren *et al.* 1975)。較低 Phloxine B 濃度的飼料不會影響取食量，但會降低殺蟲效果及延長死亡時間。因此，田間應用於防治瓜實蠅時，應同時考量瓜實蠅之取食行為與餌劑中 Phloxine B 之濃度，以取得最佳之殺蟲效果。Mangan & Moreno (2001) 發現添加 SM-9、Kinetic 和 Tween 60 三種增效劑(adjuvant)於含 Phloxine B 餌劑中，可大幅降低對墨西哥果實蠅的半數致死劑量。因此，為提升 Phloxine B 餌劑對瓜實蠅的田間應用性，需進一步研究適用的增效劑。

某些光敏感物質具有不需要照光的殺蟲機制，如 rose bengal 對火蟻(*Solenopsis richteri* (Forel))，但此殺蟲機制明顯較有光照時弱(Broome *et al.* 1975)。無光照下，Phloxine B 對東方果實蠅具有致死效果(陳＆董 未發表資料)，本試驗證實其對瓜實蠅亦存在所謂暗反應的殺蟲機制。於黑暗中連續取食含有 2 或 4% Phloxine B 飼料 2 天以上，即有明顯的殺蟲效果，但低濃度 0.125 及 0.25%處理組即使連續取食七天，死亡率與對照組仍無差異。另外只取食 4 小時餌劑即於黑暗中供給正常飼料，Phloxine B 完全無殺蟲效果。綜合以上結果，顯示暗反應發生的主要影響因子之一，可能為 Phloxine B 於蟲體內的累積濃度。試驗過程中觀察發現，取食餌劑的瓜實蠅會排出紅色的排泄物，表示 Phloxine B 會被瓜實蠅排出體外，因排出之 Phloxine B 未經光照，推測應仍具致毒活性。於連續黑暗取食餌劑試驗中發現，餌劑中 Phloxine B 的濃度需要超過 0.5%，才會產生累積於瓜實蠅體內的效果，且濃度愈高致死效果愈快。因此，在無光照的情形下，飼料中 Phloxine B 的濃度、取食量、Phloxine B 排出量、取食或排出之速率、體內累積量均可能影響暗反應之殺蟲機制。Liquido *et al*. (1995) 於試驗過程中發現，取食含較高濃度 Phloxine B 之蛋白質水解物，東方果實蠅會有反芻現象，他們認為此有助毒殺東方果實蠅族群中未取食到餌劑的果實蠅。雖然尚不知此一現象是否亦存在於瓜實蠅，但本試驗已知 Phloxine B 對瓜實蠅同時存在光反應與暗反應的殺蟲機制，相關餌劑的研發將配合瓜實蠅取食行為與田間族群動態之特性探討改進。

瓜實蠅雌蟲取食含 Phloxine B 餌劑，幾乎不會在產卵器產卵，而董等(2002)報告苦瓜即使浸漬高毒效的農藥如芬殺松等亦無法阻止瓜實蠅於小苦瓜上產卵。至目前止，有關 Phloxine B 的研究多著重於殺蟲效力與防治潛能的評估，對於取食含有 Phloxine B 飼料後果實蠅雌蟲的生殖行為則尚無報告可稽。本試驗中 0.125%處理組瓜實蠅雌蟲於試驗後 24 小時的死亡率只有 52.5%，但平均產卵量為 0，與對照組有顯著差異。Phloxine B 抑制瓜實蠅產卵作用機制待進一步研究，但此種作用將提高其應用於田間防治的可行性。

## 誌 謝

本研究承黎傳宗先生、曾微筑小姐協助試驗進行，文稿英文部份承本所鄭玲蘭小姐撥冗斧正，特此申謝。

## 引用文獻

方敏男、章加寶。1987。瓜實蠅在苦瓜園之族群消長為害及套袋防治觀察。植物保護會刊 29:45-51。

李錫山。1972。瓜實蠅之生態研究。植物保護會刊 14:175-182。

董耀仁、鄭玲蘭、陳健忠。2002。十種藥劑對瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae*)之室內毒效測定。中華農業研究 51:66-72。

劉玉章。1990。瓜實蠅引誘劑之利用。p.115-129。重要蔬菜害蟲綜合防治研討會論文集。中華昆蟲學會編印。

劉玉章、蕭添印。1984。瓜實蠅之大量飼育 Ⅰ.幼蟲飼養技術。興大昆蟲學報 17:1-13。

Bergsten, D. A. 1997. Phloxine B － A photoactive insecticide. Outlooks on pest management 8:20-23.

Broome, J. R., M. F. Gallatham, L. A. Lewis, C. M. Ladner, and J. R. Heitz. 1975. The effects of rose bengal on the imported fire ant, *Solenopsis richteri* (Forel). Comp. Biochem. Physiol. 51C:117-121.

Fondren, J. E. Jr., B. R. Norment, and J. R. Heitz. 1975. Dye-sensitized photooxidation in the house fly, *Musca domestica*. Environ. Entomol. 7:205-208.

Heitz, J. R. 1995. Pesticidal applications photoactivated molecules. p.1-16. *in*: Light-activated pest control. (Heitz, J. R. and K. R. Downum, eds.) American Chemical Society Press, Washington, DC.

Licudine, J. A., G. T. Mcquate, R. T. Cunningham, N. J. Liquido, and Q. X. Li. 2001. Efficacy and residues of Phloxine B and uranine for the suppression of Mediterranean fruit fly in coffee fields. Pest Manag. Sci. 58:38-44.

Lipman, A. L. 1995. Safety of xanthene dyes according to the U. S. Food and Drug Administration. p.34-53. *in*: Light-activated pest control. (Heitz, J. R. and K. R. Downum, eds.) American Chemical Society Press, Washington, DC.

Liquido, N. J., G. T. Mcquate, and R. T. Cunningham. 1995. Light-activated toxicity of xanthene dyes to oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae): Potential applications in integrated pest management and eradication Programs. p.23 – 35. *in*: Problems and Management of Tropical Fruit Flies. (Chua, T. H. and S. G. Khoo, eds.) Proceedings of the Second International Conference on Malaysian Fruit Flies, Kuala Lumpur, Malaysia.

Mangan, R. L. and D. S. Moreno. 2001. PhotoActive dye insecticide formulations: adjuvants increase toxicity to Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 94:150-156.

Mcquate, G. T., R. T. Cunningham, S. L. Peck, and P. H. Moore. 1999. Suppression oriental fruit fly populations with phloxine B – protein bait sprays. Pestic. Sci. 55:556-614.

Moreno, D. S. and R. L. Mangan. 1995. Responses of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) to two hydrolyzed proteins and incorporation of Phloxine B to kill adults. p.257-279. *in*: Light-activated pest control. (Heitz, J. R. and K. R. Downum, eds.) American Chemical Society Press, Washington, DC.

Moreno, D. S., H. Celedonio, R. L. Mangan, J. L. Zavala, and P. Montoya. 2001. Field evaluation of a phototoxic dye, phloxine B, against three species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 94:1419-1427.

Peck, S. L. and G. T. Mcquate. 2000. Field tests of environmentally friendly malathion replacements to suppress wild Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations. J. Econ. Entomol. 93:280-289.

Robert, F. 1995. New compounds make light of pests. Science 268:806.

Roessler, Y. 1989. Insecticidal bait and cover sprays. p.329-336. *in*: Fruit Flies：Their Biology, Natural Enemies and Control. (Robinson, A. S. and G. Hooper, eds.) Elsevier, Amsterdam. SAS Institute Inc. 2001. SAS/STAT User's Guide. Version. 8.2, vol 2. SAS Inst., Cary, NC, USA. 943 pp.

Spikes, J. D. and B. W. Glad. 1964. Photodynamic reaction. Photochem. and Photobiol. 3:471-487.

Vargas, R. I., S. L. Peck, G. T. Mcquate, C. G. Jackson, J. D. Stark, and J. W. Armstrong. 2001. Potential for areawide integrated management of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with a braconid parasitoid and a novel bait spray. J. Econ. Entomol. 94:817-825.

# Evaluation on the Toxic Effects of Phloxine B to the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)[1]

Yaw-Jen Dong[2] and Chien-Chung Chen[2,3]

## Summary

Dong, Y. J. and C. C. Chen. 2004. Evaluation on the toxic effects of phloxine B to the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). J. Agric. Res. China 53:239-248.

Various concentrations of Phloxine B were added into the artificial diets (yeast：sugar＝1：3) and fed to adult melon flies, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), to determine the toxic effects of Phloxine B to the flies. Tests were carried out in the dark as well as under the photoperiod of 12：12 (L：D) hr with different intensity of lights to evaluate the influence of light and its intensity on Phloxine B toxicity. Phloxine B elicited toxicity to melon flies and the toxic effects increased with Phloxine B concentration and light intensity. For a short period of feeding (e.g., 4 hr), Phloxine B could cause fly deaths with the light. The concentrations of 1% or higher caused 100% mortality in the flies of both sexes within 4 hr. The Phloxine B-induced mortality in all concentrations occurred within 24 hr and did not increase further thereafter. Without the light, Phloxine B caused death in the flies only with a longer period of feeding (2 days or higher). The 100% mortality were obtained for the flies fed continuously in the dark with 2% and 4% Phloxine B for 5 day and 4 day, respectively. In addition, Phloxine B diets inhibited egg production and at high concentrations impeded feeding as well in melon flies.

**Key words:** Fruit flies, Xanthene dye, Poisoned bait, Fecundity, Pest control.

---

1. Contribution No.2208 from Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 12, 2004.
2. Assistant Researcher, Associate Entomologist, Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: chiencc@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04) 23302804.

# 鹽類濃度、蔗糖、植物生長素及培養容器瓶口覆蓋物對高氏柴胡組培苗發根與馴化之影響 [1]

陳威臣[2] 夏奇鈮[3] 葉茂生[4] 蔡新聲[5, 6]

## 摘　　要

陳威臣、夏奇鈮、葉茂生、蔡新聲。2004。鹽類濃度、蔗糖、植物生長素及培養容器瓶口覆蓋物對高氏柴胡組培苗發根與馴化之影響。中華農業研究 53:249-260。

本研究探討培養基組成中之 MS (Murashige & Skoog)鹽類濃度、蔗糖濃度與植物生長素，對高氏柴胡(*Bupleurum kaoi* Liu, Chao et Chuang)組培苗發根之影響，並藉由瓶口覆蓋物處理降低瓶內溼度，以提高瓶苗移植存活率之方法，建立高氏柴胡組織培養之大量繁殖種苗體系。結果顯示，低 MS 鹽類濃度(1/4MS 與 1/2MS)及 3%蔗糖培養基之組培苗根系形成較佳且存活率較高。組培苗培養於含有 0.5 mg/l 吲哚丁酸(indole-3-butyric acid; IBA)之 1/2MS 培養基，發根率可達 100%，且組培苗不會產生基部癒合組織化現象。利用鋁箔紙覆蓋培養 2-3 週後，再以三層藥包紙進行覆蓋物置換處理之瓶苗與根系均生長良好，瓶苗移植存活率約為 76%，較高於鋁箔紙覆蓋培養 6 週之處理(約 33%)。將組培苗培養於含 0.5 mg/l IBA 與 0.1-0.2 mg/l 奈乙酸($\alpha$-naphthaleneacetic acid; NAA)之 1/2MS 培養基，於培養 2 週後再進行藥包紙置換處理，可形成具有較粗根徑之組培苗，將出瓶組培苗除去部分葉片後剩餘長約 3-4 cm 之瓶苗，移植於已滅菌之培養土(BioMix)：蛭石：珍珠石 ＝1：1：1 (v/v)混合介質，育苗盤放入有蓋透明塑膠盒後置於日夜溫為 22℃(10 h) / 18℃(14 h)、光照(約 60 μmol/m$^2$/s)之生長箱進行馴化處理，4 週後之存活率高達 92%，顯示添加少量 NAA 有利於高氏柴胡組培苗之發根與移植存活率的提昇。本研究利用組培苗瓶內處理(改善培養基組成與培養容器瓶口覆蓋物)及出瓶後馴化處理(有蓋透明塑膠盒)之結果，將有助於高氏柴胡組培苗產業化生產系統之建立。

**關鍵詞：**高氏柴胡、藥用植物、發根、馴化、培養容器瓶口覆蓋物。

## 前　　言

柴胡(*Radix Bupleuri*)為神農本草經之草部上品，具有去腸胃結氣與寒熱邪氣之效，更有推陳致新、久服輕身及明目益精等功能，其產品廣泛應用於中國、日本、韓國及台灣等地區；中國藥典之正品柴胡為繖形科(Umbelliferae)、柴胡屬(*Bupleurum* L.)之北柴胡(*B. chinense* DC.)的乾燥根(甘 1985；Hiraoka 1989)；高氏柴胡(*B. kaoi* Liu, Chao et Chuang)為臺灣特有之原生柴胡，其保肝效果已被證明優

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2209 號。接受日期：93 年 12 月 13 日。
2. 本所農藝組助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。(國立中興大學農藝學系博士候選人)
3. 本所農藝組副研究員。臺灣　臺中縣 霧峰鄉。
4. 國立中興大學農藝學系教授。臺灣　臺中市。
5. 朝陽科技大學生物技術研究所教授。臺灣　臺中縣 霧峰鄉。
6. 通訊作者，電子郵件：hstsay@mail.cyut.edu.tw；傳真機：(04) 23742371。

於日本三島柴胡(*B. falcatum* L. var. *komarowi* Koso-Polj)與中國北柴胡，深具發展推廣之潛力(甘 1985；林＆顏 1999；Yen *et al*. 1991)。此外，柴胡屬於常異交植物，長久以來鮮少進行人為選拔工作，植株間具有相當大的遺傳變異，且因其種子具有低溫需求性，發芽率低且發芽勢不佳，因而造成繁殖栽培上的困擾(黃&郭 1995)。利用組織培養技術大量繁殖珍稀藥用植物已有許多成功的例子，如：人參、川芎、半夏、白朮、附子、貝母、百合、黃耆、地黃、柴胡、紫草、大黃、山藥、毛地黃、防風、當歸與金線連等(蔡 1999；Nishioka 1988；Sagare *et al*. 2000)。許等(1993)報導利用組織培養技術已成功大量繁殖三島柴胡組培苗；高氏柴胡利用組織培養之大量繁殖技術於近年亦已初步建立(陳等 2004a)；然而，高氏柴胡組培苗大量繁殖過程發生之玻璃質化現象與後續發根與移植馴化等問題則仍有待解決。

前人研究指出，藉由一些化學與物理方法可抑制組織培養玻璃質化苗形成，並可增進瓶苗品質而提高其移植存活率，例如改善培養基鹽類組成或濃度，調整植物生長調節劑與凝膠物質種類與濃度，或是降低培養瓶內相對溼度等處理，均可達到促進瓶苗品質之效果(陳等 2001、2004b；Paques 1991)。陳等(2004a)於高氏柴胡組織培養大量繁殖過程中，嘗試藉由降低 MS 基本鹽類與 BA 濃度以改善組培苗品質，但卻未能有效抑制玻璃質化組培苗產生。作者於過去研究發現，利用高透氣性的培養容器瓶口覆蓋物進行瓶苗培養，不僅能夠有效抑制康乃馨(*Dianthus caryophyllus*)組培苗玻璃質化現象之形成，亦可增進瓶苗品質(陳等 1998)。一般而言，組培苗發根良好將可提昇瓶苗的馴化存活率，而在促進組培苗之發根研究中，慣用的生長調節劑有 IAA、NAA 與 IBA，其中人工合成之 NAA 與 IBA 效果較天然形成之 IAA 佳，更有研究指出合併使用兩種 auxins，對部分作物組培苗之發根效果較單一 auxin 處理者為佳(George & Sherrington 1984；Gaspar *et al*. 1996；Moncousin 1991)。

本研究乃嘗試利用改變培養基之 MS 鹽類濃度、蔗糖濃度、發根植物生長調節劑與培養容器瓶口覆蓋物等因子，藉以提高組培苗發根階段之瓶苗發根品質，建立適合於高氏柴胡組培苗發根與移植馴化之方法，期能生產品質均一且優良的高氏柴胡種苗供農民種植，此將有助於藥用保健植物產業之發展及提昇。

## 材料與方法

高氏柴胡(*Bupleurum kaoi* Liu, Chao et Chuang)植株係由農業試驗所特作研究室提供。高氏柴胡組培苗之大量繁殖係依據陳等(2004a)之方法進行，並選取高約 1.5-2 cm 之組培芽體進行發根試驗，待根系誘導完成後，將除去部分葉片後剩餘長約 3-4 cm 之發根組培苗繼續進行移植馴化之研究。根系誘導培養基以含有半量 MS (Murashige & Skoog 1962)鹽類與全量 MS 維生素，並添加 3%蔗糖及 0.9%洋菜(Difco Bacto-agar)為培養基(以下稱為基本培養基)。培植體於接種後，置於 25±1℃之恆溫與照光 16 小時(約 38 μmol/m$^2$/s)條件下進行培養。

**MS 鹽類濃度與蔗糖濃度對高氏柴胡組培苗生長、增殖與發根之影響**

高氏柴胡組培苗培養於含有 0.5 mg/l IBA 之不同 MS 鹽類濃度(1/4、1/2、1 及 2 倍)或不同蔗糖濃度(1.5、3、6 與 12 %，w/v)之基本培養基，經接種於內含 10 ml 培養基之玻璃試管(25 mm x 120 mm，Pyrex，日本)培養 6 週後，調查組培苗存活率、芽體數、發根率與根數。每處理 4 重複，每重複培養 5 株組培苗。

**NAA 與 IBA 對高氏柴胡組培苗生長與發根之影響**

高氏柴胡組培苗培養於添加 NAA (0.5、1 mg/l)或 IBA (0.5、1 mg/l)之基本培養基，經接種於內含 10 ml 培養基之玻璃試管(25 mm x 120 mm，Pyrex，日本)培養 6 週後，調查組培苗存活率、發根率、根數與基部癒合組織化比率。每處理 4 重複，每重複培養 5 株組培苗。

**培養容器瓶口覆蓋物種類與置換處理對高氏柴胡組培苗發根與移植存活率之影響**

高氏柴胡組培苗培養於含有 0.5 mg/l IBA 之基本培養基，接種於內含 25 ml 培養基之 125 ml 三角瓶(Pyrex，日本)中，培養容器分別以兩層鋁箔紙(一般培養用，透氣性較低) (aluminum foil；AF)或 3 層藥包紙(透氣性較高，9.5 x 9.5 x 0.046 cm，臺灣) (dispense paper；DP)覆蓋瓶口。對照組全程 6 週均以兩層鋁箔紙覆蓋(AF6)，而處理組則是於鋁箔紙覆蓋培養 1、2、3 與 4 週後，將兩層鋁箔紙置換成三層藥包紙，各處理分別以 AF1+DP5、AF2+DP4、AF3+DP3 與 AF4+DP2 表示，例如 AF1+DP5 處理即是以鋁箔紙覆蓋培養 1 週後，再利用藥包紙覆蓋培養 5 週，其餘處理依此類推，培養達 6 週後調查組培苗發根率、根數與根長。每處理 4 重複，每重複培養 9 株組培苗。發根組培苗並繼續進行馴化處理，並於馴化 4 週與 8 週後調查存活率。每處理 3 重複，每重複移植 9 株組培苗。

**IBA 與 NAA 組合並配合培養容器瓶口覆蓋物置換處理對高氏柴胡組培苗發根與移植存活率之影響**

高氏柴胡組培苗培養於添加 0.5 mg/l IBA 配合不同濃度 NAA (0.1、0.2、0.4 及 0.8 mg/l)之基本培養基，接種於內含 25 ml 培養基之 125 ml 三角瓶(Pyrex，日本)中，培養容器先以兩層鋁箔紙覆蓋瓶口，在培養 2 週後將鋁箔紙置換成三層藥包紙(藥包紙置換處理)，再經 4 週培養後(全程共 6 週)，調查發根率、根數、根長、根徑與基部癒合組織化比率。每處理 4 重複，每重複培養 12 株組培苗。而後發根組培苗繼續進行馴化處理，分別於馴化 4 週與 8 週後調查存活率。每處理 3 重複，每重複移植 12 株組培苗。

組培苗馴化處理方法如下：取出發根瓶苗洗淨附著於根部之洋菜，以1,000X之50%免賴得可濕性粉劑(杜邦，美國)消毒30分鐘，除去部分葉片後移植於含有滅菌之混合介質(培養土(BioMix)：蛭石：珍珠石=1：1：1；v/v)的黑色穴植盤(50x30x5cm，60孔)，並放入有蓋之透明PC塑膠培養盒(50 x 30 x 20 cm，臺灣)中，置於日夜溫為22℃ (10 h)/18℃ (14 h)與光照約60 μmol/m$^2$/s條件之生長箱(和德科儀，Model 624 HD，臺灣)進行馴化，4週後調查存活率，而後將培養盒移出生長箱並除去上蓋，於室內環境再馴化4週後調查存活率。

資料統計與分析：試驗所得資料經 SAS 8.2 (SAS Institute Inc. 2001)統計程式軟體進行變方分析，若處理間差異顯著，則利用最小顯著差異法(Least significant difference；LSD)比較各處理平均值間之差異；或以 Sigmaplot 8.0 軟體繪圖表現其差異。

## 結　　果

**MS 鹽類與蔗糖濃度對高氏柴胡組培苗生長與發根之影響**

表 1 結果顯示，除 2MS 處理因組培苗褐化死亡較為嚴重外，其餘處理(1/4MS、1/2MS 與 MS)對高氏柴胡組培苗存活率並無顯著影響；此外，四個處理間組培苗增殖則無顯著差異。低鹽類濃度處理(1/4MS 與 1/2MS)具有較佳的發根效果，其發根率分別達 60%及 70%，平均根數則分別為 3.2 與 2.9 根/培植體；而較高鹽類濃度(MS 與 2MS)則不利於組培苗之發根，發根率及平均根數均較低。表 2 蔗糖濃度試驗之結果顯示，組培苗存活率在參試四個處理(1.5-12%)間並無顯著差異；但組培苗之增殖效果則以 3%處理較佳(1.8 芽/株)，其餘處理間並無顯著差異。此外，低蔗糖濃度處理(1.5%與 3%)具有較佳的發根效果，發根率分別可達 90 及 96%，平均根數分別為 3.8 與 3.1 根/培植體，兩濃度間無顯著差異；而較高蔗糖濃度(6%與 12%)則較不利於組培苗之發根。

**NAA 與 IBA 對高氏柴胡組培苗生長與發根之影響**

表 3 之結果顯示，相較於未含 auxin 之對照組(基本培養基)，添加 NAA 與 IBA 均有助於高氏柴胡組培苗之增殖率。培養基中添加 NAA (0.5-1 mg/l)雖有助於提高發根培植體之平均根數，但易造成

培植體基部形成嚴重的癒合組織化現象(basal callusing) (分別達到 70%與 100%)，因而導致其發根率的降低(分別為 50%與 60%)；組培苗於 0.5 mg/l IBA 處理下培養，其發根率與平均根數均最佳，且無基部癒合組織化現象；而 1 mg/l IBA 處理對於組培苗發根之效果則介於 0.5 mg/l IBA 處理與 NAA 處理(0.5-1 mg/l)之間(表 3、圖 1)。

**培養容器瓶口覆蓋物種類與置換處理對高氏柴胡組培苗發根與移植存活率之影響**

利用藥包紙置換鋁箔紙為培養容器瓶口覆蓋物試驗結果顯示，組培苗發根率以對照組(AF6)之 77.8%為最高；其次是 AF4+DP2、AF3+DP3 與 AF2+DP4 處理，約為 72-73%，而以 AF1+DP5 處理之發根

**表 1.** MS 鹽類濃度對高氏柴胡組培苗生長、增殖與發根之影響

**Table 1.** Influence of MS salt strength on shoot growth, proliferation and root formation of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets [z]

| Strength of MS salt | Percentage of survival explants (%) [y] | No. of shoots per survival explant [y] | Percentage of rooted explant (%) [y] | No. of roots per explant [y] |
|---|---|---|---|---|
| 1/4× | 86 ± 5.0 a | 1.1 ± 0.06 a | 60 ± 11.6 a | 3.2 ± 0.19 a |
| 1/2× | 90 ± 5.0 a | 1.2 ± 0.12 a | 70 ± 5.8 a | 2.9 ± 0.26 a |
| 1× | 80 ± 11.6 ab | 1.1 ± 0.06 a | 40 ± 8.2 b | 1.8 ± 0.43 b |
| 2× | 70 ± 13.0 b | 1.1 ± 0.05 a | 45 ± 9.6 b | 1.6 ± 0.32 b |

[z] *In vitro* grown shoots about 1.5 cm in length were cultured on the medium containing various MS salt strength, 0.5 mg/l IBA and 3% sucrose for 6 weeks. The medium was 10 ml each in 25 x 120 mm test-tube for culture.

[y] Twenty explants were tested per treatment and the data was collected after 6 weeks of culture. Shoots smaller than 2 cm in length were not scored. Means within a column followed by the same letter/s are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

**表 2.** 蔗糖濃度對高氏柴胡組培苗生長、增殖與發根之影響

**Table 2.** Influence of sucrose concentration on shoot growth, proliferation and root formation of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets [z]

| Sucrose (%) | Percentage of survival explants (%) [y] | No. of shoots per survival explant [y] | Percentage of rooted explant (%) [y] | No. of roots per explant [y] |
|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 96 ± 5.0 a | 1.4 ± 0.13 b | 90 ± 5.8 a | 3.8 ± 0.66 a |
| 3.0 | 100 ± 0 a | 1.8 ± 0.17 a | 96 ± 5.0 a | 3.1 ± 0.62 a |
| 6.0 | 100 ± 0 a | 1.2 ± 0.14 b | 40 ± 11.6 b | 1.1 ± 0.37 b |
| 12.0 | 96 ± 5.0 a | 1.1 ± 0.05 b | 6 ± 5.0 c | 0.1 ± 0.05 c |

[z] *In vitro* grown shoots about 1.5 cm in length were cultured on half-strength MS medium containing 0.5 mg/l IBA and various sucrose concentration for 6 weeks. The medium was 10 ml each in 25 x 120 mm test-tube for culture.

[y] Same as Table 1.

**表 3.** NAA 及 IBA 對高氏柴胡組培苗生長、發根與基部癒合組織化之影響

**Table 3.** Influence of NAA and IBA on shoot growth, root formation and basal callusing of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets [z]

| Auxins (mg/l) | | Number of shoots per survival explant [y] | Percentage of rooted explant (%) [y] | Number of roots per explant [y] | Percentage of basal callusing (%) [y] |
|---|---|---|---|---|---|
| NAA | IBA | | | | |
| 0 | 0 | 1.3 ± 0.06 c | 75 ± 5.0 b | 2.2 ± 0.20 d | 0 ± 0 d |
| 0.5 | 0 | 1.9 ± 0.13 a | 50 ± 5.8 c | 3.0 ± 0.86 c | 70 ± 12.9 b |
| 1 | 0 | 1.7 ± 0.10 b | 60 ± 8.2 c | 5.3 ± 0.34 a | 100 ± 0 a |
| 0 | 0.5 | 2.3 ± 0.06 a | 100 ± 0 a | 5.9 ± 0.68 a | 0 ± 0 d |
| 0 | 1 | 2.1 ± 0.34 a | 85 ± 9.6 b | 4.3 ± 0.52 b | 25 ± 9.6 c |

[z] *In vitro* grown shoots about 1.5 cm in length were cultured on half-strength MS medium containing various concentration of NAA and IBA and 3% sucrose for 6 weeks. The medium was 10 ml each in 25 x 120 mm test-tube for culture.

[y] Same as Table 1.

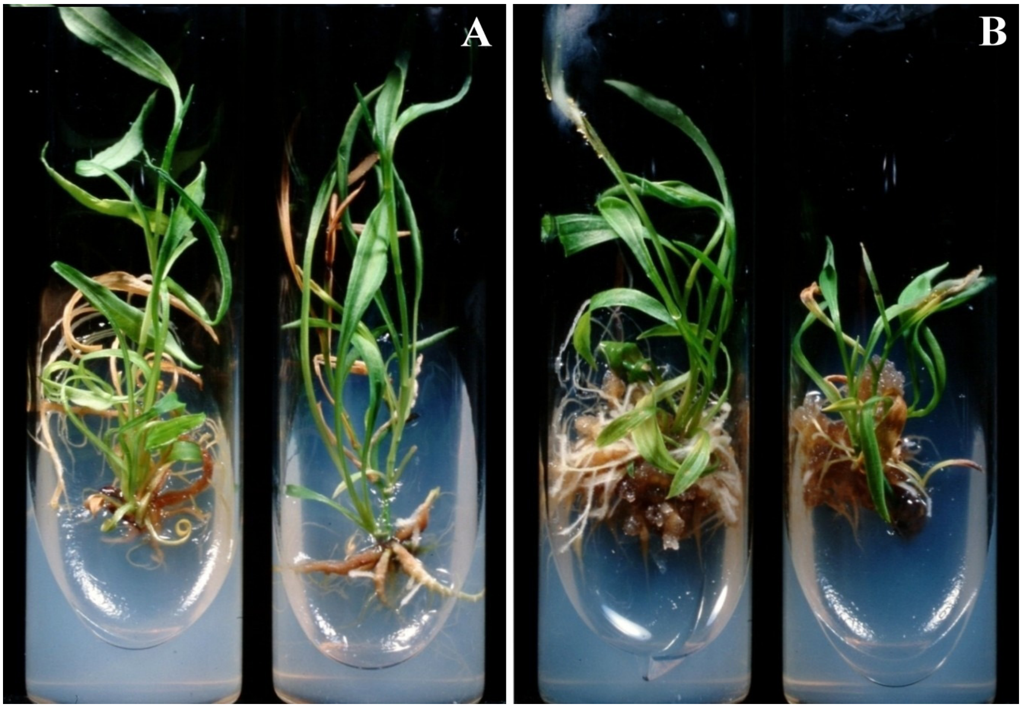



**圖 1.** 高氏柴胡組培苗於添加 0.5 mg/l IBA (A)與 0.5 mg/l NAA (B)之 1/2MS 基本培養基 6 週後之發根情形。

**Fig. 1.** Influence of IBA and NAA on root formation and growth of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets cultured on half-strength MS medium containing 0.5 mg/l IBA (A) and 0.5 mg/l NAA (B) for 6 weeks.

率結果最差。就平均根數與平均根長之結果而言，除 AF1+DP5 處理較低外，其餘處理(AF6、AF4+DP2、AF3+DP3 與 AF2+DP4)間並無顯著差異(表 4)。此外，移植於生長箱 4 週後調查存活率顯示，AF4+DP2、AF3+DP3 與 AF2+DP4 等處理具有較高移植存活率(74.1-77.8%)，三處理間並無顯著差異，而 AF1+DP5 處理之移植存活率較低(55.6%)，但仍較對照組(AF6)為高(33.3%)；移植 8 週後的結果顯示，四組置換處理間並無顯著差異(37.0-48.1%)，但皆較對照組(AF6)為高(11.1%) (表 4)。

**IBA 與 NAA 組合並配合培養容器瓶口覆蓋物置換處理對高氏柴胡組培苗發根與移植存活率之影響**

利用上述試驗所得結果中之 AF2+DP4 處理配合 auxin 組合處理，亦即以 0.5 mg/l IBA 配合不同 NAA 濃度(0.1-0.8 mg/l)進行組培苗之發根試驗結果顯示，0.5 mg/l IBA 配合較低濃度(0.1-0.2 mg/l) NAA 之處理具有較高之發根率，分別達 92.2%與 94.4%，平均根數與平均根長則顯示 0.5 mg/l IBA 配合 0.2 mg/l NAA 處理最佳，分別可達 15.4 根/培植體及 1.78 cm；平均根徑的結果顯示，NAA 濃度愈高則平均根徑愈粗，但同時也伴隨著基部癒合組織化現象(表 5)。移植馴化處理結果如圖 2 所示，0.5 mg/l IBA 配合 0.1-0.2 mg/l NAA 處理，於移植 4 週與 8 週後分別可達約 91.7%與 61.1-55.6 %之移植存活率最佳；若以移植 8 週後之存活率結果而言，則 0.5 mg/l IBA 配合 0.1、0.2 與 0.4 mg/l NAA 等三個處理間並無顯著差異。圖 3 顯示高氏柴胡組培苗移植馴化過程之結果，將已形成根系之組培苗(圖 3A)進行移植馴化處理，於移植 4 週與 8 週後植株生長良好(圖 3B, 3C)，而後將其移植於 9 吋圓形塑膠盆置於田間，經 4 週後即可獲得生長健壯之高氏柴胡植株(圖 3D)。

**表 4.** 培養容器覆蓋物與置換時間對高氏柴胡組培苗發根與移植存活率之影響

**Table 4.** Influence of container closure and exchanging time on root formation and survival rate during acclimation process of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets [z]

| Treatment [y] | Percentage of rooted explant (%) [x] | Number of roots per explant [x] | Root length of per rooted explant [w] | Survival rate (%) [v] | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 4 Weeks | 8 Weeks |
| AF6 | 77.8 ± 5.89 a | 7.0 ± 0.53 a | 1.69 ± 0.09 a | 33.3 ± 6.42 c | 11.1 ± 6.42 b |
| AF4＋DP2 | 73.3 ± 8.67 b | 6.6 ± 0.78 a | 1.59 ± 0.10 a | 74.1 ± 7.41 a | 37.0 ± 3.70 a |
| AF3＋DP3 | 71.7 ± 12.10 b | 6.4 ± 1.09 a | 1.51 ± 0.10 a | 74.1 ± 3.70 a | 44.4 ± 0 a |
| AF2＋DP4 | 72.2 ± 5.44 b | 6 .5 ± 0.49 a | 1.59 ± 0.09 a | 77.8 ± 6.42 a | 48.1 ± 7.41 a |
| AF1＋DP5 | 58.9 ± 1.78 c | 5.3 ± 0.16 b | 1.19 ± 0.10 b | 55.6 ± 6.42 b | 44.4 ± 6.42 a |

[z] *In vitro* grown shoots about 1.5 cm in length were cultured on half-strength MS medium containing 0.5 mg/l IBA and 3% sucrose for 6 weeks. The medium was 25 ml each in 125 ml Erlenmeyer flask for culture. Shoots smaller than 2 cm in length were not scored. Means within a column followed by the same letter/s are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

[y] AF6: Using 2 layers of aluminum foil as container closure for 6 weeks; AF4＋DP2, AF3＋DP3, AF2＋DP4, and AF1＋DP5: Using 2 layers of aluminum foil as container closure for 4, 3, 2, and 1 week, then exchanging container closure with 3 layers of dispense paper for extending 2, 3, 4, and 5 weeks, respectively.

[x] Twenty-seven plantlets were tested per treatment and the data was collected after 6 weeks of culture.

[w] Forty-five roots were recorded per treatment and the data was collected after 6 weeks of culture.

[v] Survival rate was recorded while rooted plantlets acclimated in growth chamber for 4 weeks and under room temperature for extending 4 weeks.

**表 5.** IBA 與 NAA 組合對高氏柴胡組培苗發根與基部癒合組織化之影響

**Table 5.** Influence of IBA combined with NAA on roots formation and basal callusing of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets [z]

| Auxin (mg/l) IBA＋NAA | Percentage of rooted explant (%) [y] | Number of roots per explant [y] | Root length per rooted explant (cm) [x] | Root diameter per rooted explant (mm) [x] | Percentage of basal callusing (%) [y] |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5＋0.1 | 92.2 ± 5.3 a | 8.6 ± 1.42 c | 1.54 ± 0.226 b | 0.62 ± 0.030 c | 16.7 ± 3.2 c |
| 0.5＋0.2 | 94.4 ± 3.2 a | 15.4 ± 0.38 a | 1.78 ± 0.050 a | 0.65 ± 0.044 c | 19.4 ± 5.3 c |
| 0.5＋0.4 | 72.2 ± 10.7 b | 10.6 ± 2.16 b | 1.66 ± 0.138 ab | 0.77 ± 0.046 b | 52.8 ± 2.8 b |
| 0.5＋0.8 | 66.7 ± 10.1 b | 11.2 ± 2.61 b | 1.27 ± 0.067 c | 1.13 ± 0.087 a | 75.0 ± 5.3 a |

[z] *In vitro* grown shoots about 1.5 cm in length were cultured on half-strength MS medium containing various concentration of NAA in combination with 0.5 mg/l IBA and 3% sucrose, by using 2 layers of aluminum foil as container closure for 2 weeks, then exchanging container closure with 3 layers of dispense paper for extending 4 weeks. The medium was 25 ml each in 125 ml Erlenmeyer flask for culture. Means within a column followed by the same letter/s are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

[y] Twenty-seven plantlets were tested per treatment and the data was collected after 6 weeks of culture.

[x] Forty-five roots were recorded per treatment and the data was collected after 6 weeks of culture.

# 討　論

組織培養大量繁殖之瓶苗往往由於移植存活率低，而造成實際應用的諸多限制。本研究乃藉由調整培養基之 auxins 組成以促進組培苗發根，並利用透氣性瓶口覆蓋物降低瓶內相對溼度以提高瓶苗品質及移植存活率，期能建立適合於高氏柴胡組培苗發根與移植馴化之方法。

前人研究結果指出，高濃度鹽類不利於培植體根系之分化，而降低鹽類濃度(1/2 MS、1/4 MS 或更低)則有利於組培苗發根(George & Sherrington 1984；Moncousin 1991)。赤桉(*Eucalyptus camadulenis*)之研究結果顯示，組培苗根系之誘導以 1/2MS 較 MS 培養基效果為佳(張等 2000)；在中草藥植物中之甜菊(*Stevia rebaudiana*) (Sivaram & Mukundan 2003)、半夏(*Pinellia ternata*) (Tsay *et al*. 1989)、輪葉沙參(*Adenophora triphylla*) (Chen *et al*. 2001)與湖北貝母(*Fritillaria hupehensis*) (陳等 2000)組培苗發根亦得到相類似的結果。然而 Chueh *et al*. (2001)之臺灣龍膽(*Gentiana davidii* var. *formosana*)研究顯示，雖然 1/2MS 基本鹽類較適合組培苗發根，但就根數及組培苗健壯程度而言，仍以全量 MS 為佳。本研究結果亦顯示，低鹽類濃度(1/4MS 與 1/2MS)對高氏柴胡組培苗發根效果較佳，高鹽類濃度(MS 與 2MS)雖不影響組培苗增殖，但對於發根率與平均根數均有不利的影響(表 1)。醣類是培養基中含量最多的有機物質，主要為提供碳源供培植體生長所需，並有調節培養基滲透壓(osmotic potential)之功能(George & Sherrington 1984；Moncousin 1991)。陳等(2000)於湖北貝母研究中發現，3%蔗糖對小鱗莖之根形成效果最佳。然而臺灣龍膽組培苗根系誘導與生長則是較高蔗糖濃度(5%)具有最佳的效果(Chueh *et al*. 2001)；Kumar *et al*. (1999)亦指出較高蔗糖濃度(0.232 M；約 8%)較有利唐菖蒲(*Gladiolus*

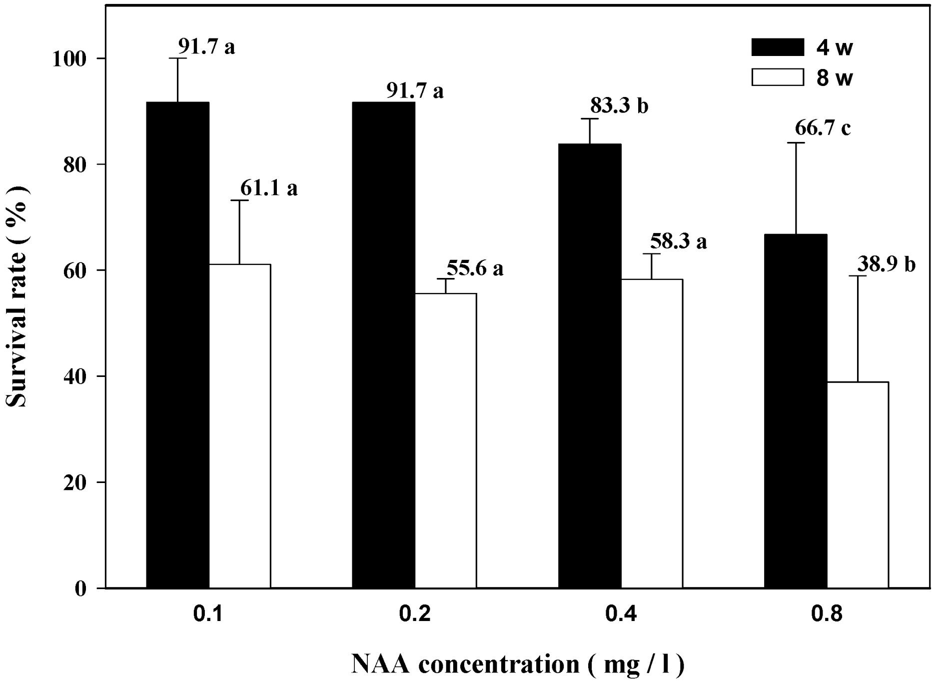



**圖 2.** 高氏柴胡組培苗利用瓶口覆蓋物置換處理，培養於添加 0.5 mg/l IBA 配合 0.1-0.8 mg/l NAA 之 1/2MS 基本培養基，於移植馴化處理 4 週(■)與 8 週(□)後之植株存活率。

**Fig. 2.** Influence of IBA in combination with NAA and container closure exchanging treatment on survival rate of *Bupleurum kaoi* plantlets when cultured on half-strength MS medium containing 0.5 mg/l IBA and 0.1 - 0.8 mg/l NAA by using 2 layers of aluminum foil as container closure for 2 weeks, then exchanging container closure with 3 layers of dispense paper for 4 weeks, then acclimated in growth chamber for 4 weeks (■) and under room temperature condition for extending 4 weeks, equally acclimated for 8 weeks (□). Means above columns with same symbol followed by the same letter/s are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

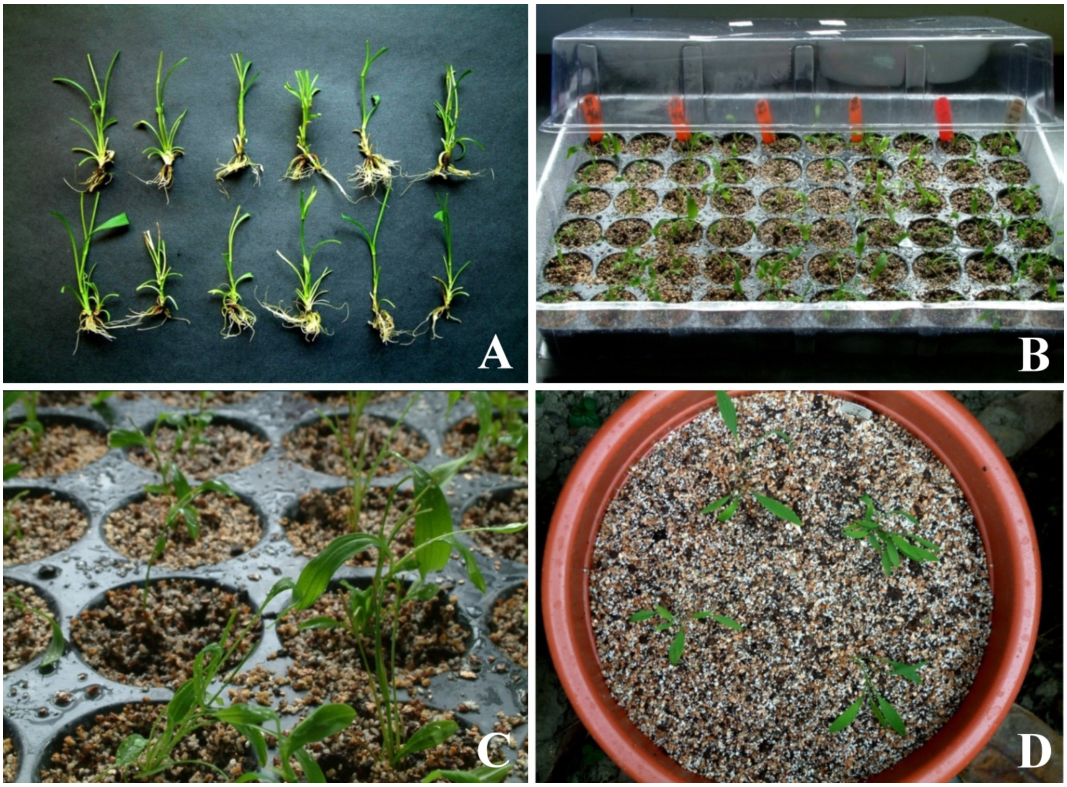



**圖 3.** 高氏柴胡組培苗移植馴化過程中之植株生長情形
高氏柴胡組培苗培養於添加 0.5 mg/l IBA 與 0.2 mg/ NAA 之基本培養基，配合瓶口覆蓋物置換處理達 6 週後，發根良好之組培苗(A)；移植馴化處理 4 週(B)、8 週(C)與 12 週(D)後之高氏柴胡植株生長情形。

**Fig. 3.** The acclimatization process of *Bupleurum kaoi* plantlets.
Rooted plantlets of *Bupleurum kaoi* derived from *in vitro* shoots cultured on half-strength MS medium containing 0.5 mg/l IBA and 0.2 mg/l NAA by using 2 layers of aluminum foil as container closure for 2 weeks, then exchanging container closure with 3 layers of dispense paper for 4 weeks (A), then acclimatized for 4 weeks (B), 8 weeks (C) and 12 weeks (D).

*hybridus*)組培苗發根。本研究結果顯示較低蔗糖濃度(1.5%與 3%)有利於高氏柴胡組培苗發根，而較高濃度(12%)處理雖然不影響組培苗之存活率，但卻嚴重抑制組培苗發根(表 2)。

組織培養大量繁殖種苗研究常以 IAA、NAA 或 IBA 作為促進組培苗發根之植物生長調節劑，其中又以 NAA 與 IBA 之效果較佳(Gaspar *et al*. 1996；George & Sherrington 1984；Moncousin 1991)。甜菊(Sivaram & Mukundan 2003)與大吉嶺茶(Darjeeling) (Jha & Sen 1992)的研究均指出，IBA 具有較佳的發根效果，且濃度愈高效果愈佳。張等(2000)於赤按的研究指出，IBA 雖具有較佳發根效果，惟較高濃度(0.5 mg/l)不僅芽體發根率降低，且造成基部癒合組織化現象(basal callusing)，因而不利於後續的移植馴化成苗。Sahoo & Chand (1998)報導 1 mg/l IBA 對黃荊(*Vitex negundo*)組培苗發根效果最佳，較高(2 mg/l)與較低(0.5 mg/l)均不利其發根，而 NAA 處理則易造成基部癒合組織化現象。Kooi *et al*. (1999)於 Sentage (*Azadirachta excelsa*)組培苗發根研究上也獲得類似結果。此外，臺灣龍膽(Chueh *et al*. 2001)、葡萄(*Vitis labrusca*) (Lewandowski 1991)與大葉羊蹄甲(*Bauhinia vahlii*) (Upreti & Dhar 1996)組

培苗發根研究均顯示，NAA 處理易使不定芽基部形成癒合組織，且 NAA 濃度愈高其發根率與根數愈低。本研究結果則顯示 IBA 對於高氏柴胡組培苗根系之誘導效果優於 NAA，且 NAA 處理較易形成基部癒合組織化現象，但高濃度 IBA 處理(1 mg/l)亦有 25%組培苗基部產生癒合組織(表 3)，此結果與上述其他學者之研究結果相似；此外，本研究結果亦顯示添加適量 auxins 對芽體增殖具有促進效果(表 3)。綜合上述 MS 鹽類濃度、蔗糖濃度與 auxins 試驗結果，高氏柴胡組培苗之發根以含有 0.5 mg/l IBA 與 3%蔗糖之 1/2MS 培養基較為合適，不僅存活組培苗數較多、發根率與平均根數均優於其他處理，且不會產生基部癒合組織化現象。

組織培養大量繁殖技術已廣泛應用於種苗生產事業，但由於組培苗馴化存活率的低下往往造成嚴重的成本負擔，雖然藉由化學與物理方法可抑制玻璃質苗形成或增進組培苗品質，但也可能導致組培苗繁殖倍率的降低(陳等 2001，2004b；Dillen & Buysens 1989；Paques 1991；Tsay 1998)。利用高透氣性材質做為培養容器覆蓋物，不只有效抑制康乃馨組培苗玻璃質化現象，且增進組培苗品質(陳等 1998)。關於高氏柴胡玻璃質化組培苗特性與解決方法之研究結果，將於後續報導中討論。由於本研究結果指出高氏柴胡組培苗培養於含有 0.5 mg/l IBA 之 1/2MS 培養基的發根效果最佳，且陳等(1998)亦指出利用透氣性培養容器覆蓋物可增進組培苗品質，因此本研究將組培苗培養於含有 0.5 mg/l IBA 之基本培養基進行透氣性封口材質比較試驗，結果顯示利用一般常用之鋁箔紙封口培養的組培苗移植存活率最低，而利用三層藥包紙做為容器覆蓋物則可增進移植存活率；就藥包紙置換處理時間而言，藥包紙處理時間較短(AF4+DP2)或過長(AF1+DP5)均不利於組培苗之發根與移植存活率，結果顯示接種 2 或 3 週後進行藥包紙置換處理(AF2+DP4 或 AF3+DP3)之效果較佳(表 4)。然而在此試驗之對照組組培苗雖培養於適合發根之培養基(含有 0.5 mg/l IBA 之基本培養基)，其發根率卻由 100% (表 3)降為 77.8% (表 4)，推測可能是由於兩個試驗中培養容器與培養基體積的差異而導致發根率降低。由上述結果得知，藉由藥包紙置換處理雖可提高其移植存活率，但移植 4 與 8 週後之存活率仍屬偏低，分別約為 78 與 48% (表 4)，於是後續試驗擬改變促進發根之植物生長節劑的組合，以提昇高氏柴胡組培苗之移植存活率。

組織培養大量繁殖研究常以單一 auxin 作為組培苗發根之用，但也有利用兩種 auxins 合併使用的方式，對於部分作物組培苗發根具有相對優異的效果(George & Sherrington 1984；Moncousin 1991)。南非醉茄(*Withania somnifera*)之研究顯示，IBA (2-4 mg/l)或 2 mg/l IBA 配合 2 mg/l IAA 之處理具有較佳的組培苗發根效果，其他如 4-6 mg/l IBA 配合 2 mg/l IAA 之處理易產生基部癒合組織化現象，而 IBA 配合 NAA 之處理的發根效果雖差，但可獲得根徑較粗之組培苗(Rani & Grover 1999)。Khosh-Khui & Sink (1982)於玫瑰(*Rosa hybrida*)研究指出，兩種 auxins 搭配使用之發根效果優於單一 auxin 處理的結果，其中利用 NAA 配合 IBA 的組合可獲致最佳的發根效果。油栗(Jojoba, *Simmondsia chinensis*) (Roussos *et al*. 1999)、葡萄(Lewandowski 1991)與 Sentage (Kooi *et al*. 1999)組培苗之瓶內發根也得到相類似的結果。然而 Kumar *et al*. (1999)卻指出，IBA 配合 NAA 對於劍蘭組培苗發根產生不利的影響，且降低移植存活率。本研究亦利用 IBA 配合 NAA 進行組培苗發根試驗，結果顯示依 NAA 添加濃度的不同而有增粗根徑的效果，但也容易造成發根率降低與產生基部癒合組織化現象，且 NAA 濃度愈高愈為嚴重(表 5)；添加適當濃度之 NAA (0.2 mg/l)，則具有較高的平均根數與移植存活率(表 5、圖 2)；此外，圖 2 結果亦顯示，高氏柴胡組培苗經培養於含有 0.5 mg/l IBA 與 0.1-0.2 mg/l NAA 之基本培養基，且於接種兩週後進行藥包紙置換處理，此條件下之組培苗於移植 4 週後之移植存活率可達 92%，移植 8 週後仍有 60%存活率，顯示添加低濃度 NAA 有助於組培苗之移植存活率，惟就大量繁殖之觀點而言，高氏柴胡組培苗移植馴化之處理方式仍具有很大的改進空間。

# 誌　　謝

本研究承國科會經費補助(NSC 91-2317-B055-008 及 NSC 92-2317-B037-001)，試驗材料承農業試驗所農藝組特作研究室劉新裕博士提供，特此申謝。


# 引用文獻


甘偉松。1985。柴胡、高氏柴胡(擬)。p.650-651。臺灣藥用植物誌，卷上。國立中國醫藥研究所出版，臺北。

林俊清、顏銘宏。1999。高氏柴胡的資源開發與藥效評估。p.51-55。藥用植物資源之開發與利用學術研討會論文集 (林俊義、盧煌勝、劉新裕、陳忠川、張成國 編)。臺灣省農業試驗所編印，臺中。

張淑華、何政坤、蔡錦瑩、陳振榮。2000。Thidiazuron 促進赤桉優良營養系葉片癒合組織之植株再生。台灣林業科學 15:81-90。

許家言、劉新裕、蔡新聲。1993。三島柴胡台農一號之組織培養。中華農業研究 42:245-252。

陳威臣、葉茂生、蔡新聲。2004a。臺灣原生藥用植物-高氏柴胡腋芽培養之大量繁殖研究。中華農業研究 53:27-38。

陳威臣、夏奇鈮、葉茂生、蔡新聲。2004b。植物組織培養苗玻璃質化現象與低木質化作用關聯性之探討。科學農業 52:90-96。

陳威臣、蕭翌柱、楊淑如、葉茂生、蔡新聲。2001。瓶內馴化處理對組織培養苗生長之影響。科學農業 49:276-280。

陳威臣、蕭翌柱、賴建洲、蔡新聲。1998。培養基組成與培養容器覆蓋物對康乃馨組織培養苗玻璃質化與發根的影響。中華農業研究 47:364-376。

陳威臣、戴宗德、陳忠川、蔡新聲。2000。湖北貝母組織培養之研究 Ⅲ. 培養基組成分及光照處理對誘導小鱗莖發根之影響。中華農業研究 49:39-47。

黃秋蘭、郭能成。1995。三島柴胡育種指標性狀之篩選與利用。p.69-84。臺灣地區藥用植物資源之開發與利用學術研討會專刊 (杜金池、盧煌勝、劉新裕 編)。臺灣省農業試驗所，臺中。

蔡新聲。1999。藥用植物之組織培養技術。p.113-124。藥用植物之開發與利用研討會論文集 (林俊義、盧煌勝、劉新裕、陳忠川、張成國 編)。臺灣省農業試驗所，臺中。

Chen, C. C., S. J. Chen, A. P. Sagare, and H. S. Tsay. 2001. Adventitious shoot regeneration from stem internode explants of *Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC. (Campanulaceae) – an important medical herb. Bot. Bull. Acad. Sin. 42:1-7.

Chueh, F. S., C. C. Chen, A. P. Sagare, and H. S. Tsay. 2001. Quantitative determination of secoiridoid glucosides in *in vitro* propagated plants of *Gentiana davidii* var. *formosana* by high performance liquid chromatography. Planta Med. 67:70-73.

Dillen, W. and S. Buysens. 1989. A simple technique to overcome vitrification in *Gypsophila paniculata* L. Plant Cell Tissue Organ Cult. 19:181-188.

Gaspar, T., C. Kevers, C. Penel, H. Greppin, D. M. Reid, and T. A. Thorpe. 1996. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. In Vitro Cell. Dev. Biol. 32(P):272-289.

George, E. F. and P. D. Sherrington. 1984. Plant propagation by tissue culture – handbook and directory of commercial laboratories. Exegetics, England. 548 pp.

Hiraoka, N. 1989. *Bupleurum falcatum* L.: Embryogenesis and the production of saikosaponins. p.69-81. *in*: Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 7 Medicinal and Aromatic Plants II. (Y. P. S. Bajaj ed.) Springer-Verlag, New York.

Jha, T. and S. K. Sen. 1992. Micropropagation of an elite Darjeeling tea clone. Plant Cell Rep. 11:101-104.

Khosh-Khui. M. and K. C. Sink. 1982. Rooting enhancement of *Rosa Hybrida* for tissue culture propagation. Sci. Hortic. 17:371-376.

Kooi, L. T., C. L. Keng, and C. T. K. Hoe. 1999. *In vitro* rooting of sentage shoots (*Azadirachta excelisa* L.) and acclimatization of the plantlets. In Vitro Cell. Dev. Biol. 35(P):396-400.

Kumar, A., A. Sood, L. M. S. Polni, and A. K. Gupta. 1999. *In vitro* propagation of *Gladiolus hybridus* Hort.: synergistic effect of heat-shock and sucrose on morphogenesis. Plant Cell Tissue Organ Cult. 57:105-112.

Lewandowski, V. T. 1991. Rooting and acclimatization of micropropagated *Vitis labrusca* (Delaware). Hortscience 26:586-589.

Moncousin, Ch. 1991. Rooting of microcuttings: general aspects. Acta Hortic. 289: 301-310.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15:473-497.

Nishioka, I. 1988. Clonal multiplication of medicinal plant by tissue culture. Shoyakugaku Zasshi 42:1-11. (in Japanese)

Paques, M. 1991. Vitrification and micropropagation：causes, remedies and prospects. Acta Hortic. 289:283-290.

Rani, G. and I. S. Grover. 1999. *In vitro* callus induction and regeneration studies in *Withania somnifera*. Plant Cell Tissue Organ Cult. 57:23-27.

Roussos, P. A., A. Tolia-Marioli, C. A. Pontikis, and D. Kotsias. 1999. Rapid multiplication of Jojoba seedlings by *in vitro* culture. Plant Cell Tissue Organ Cult. 57:133-137.

Sagare, A. P., Y. L. Lee, and H. S. Tsay. 2000. Application of biotechnological tools in conservation and utilization of medical plant genetic resource. p.171-187. *in*: Proceedings Agriculture of the New Century: Managing Bio-research and Bio-diversity. (Wu, W. S., S. T. Chang, and B. T. Guan eds.) College of Agriculture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Sahoo, Y. and P. K. Chand. 1998. Micropropagation of *Vitex negundo* L., a woody aromatic medicinal shrub, through high-frequence axillary shoot proliferation. Plant Cell Rep. 18:301-307.

SAS Institute Inc. 2001. SAS/STAT User's Guide. Version 8.2, vol 2. SAS Inst., Cary, NC, USA. 943 pp.

Sivaram, L. and U. Mukundan. 2003. *In vitro* culture studies on *Stevia rebaudiana*. In Vitro Cell. Dev. Biol. 39(P):520-523.

Tsay, H. S. 1998. Effects of medium composition at different precultures on vitrification of carnation (*Dianthus caryophyllus*) in *in vitro* shoot proliferation. Acta Hortic. 461:243-249.

Tsay, H. S., T. G. Gau, and C. C. Chen. 1989. Rapid clonal propagation of *Pinellia ternata* by tissue cultures. Plant Cell Rep. 8:450-454.

Upreti, J. and U. Dhar. 1996. Micropropagation of *Bauhinia vahlii* Wight & Arnott — a leguminous liana. Plant Cell Rep. 16:250-254.

Yen, M. H., C. C. Lin, C. H. Chung, and S. Y. Liu. 1991. Evaluation of root quality of *Bupleurum* species by TLC scanner and the liver protective effects of "Xiao-chai-hu-tang" prepared using three different *Bupleurum* species. J. Ethnopharmacol. 34:155-165.

# Influence of Salt Strength, Sucrose, Auxins and Container Closure on Root Formation and Acclimation of *In Vitro Bupleurum kaoi* Plantlets [1]

Uei-Chern Chen[2], Chi-Ni Hsia[3], Mau-Shing Yeh[4] and Hsin-Sheng Tsay[5, 6]

## Summary

Chen, U. C., C. N. Hsia, M. S. Yeh, and H. S. Tsay. 2004. Influence of salt strength, sucrose, auxins and container closure on root formation and acclimation of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets. J. Agric. Res. China 53:249-260.

An efficient protocol for producing high quality rooted plantlets which are easy to acclimatize for field growth was established for micropropagation of *Bupleurum kaoi* Liu, Chao et Chuang. In this study, the medium containing half- and quarter- strength of MS basal salts (1/2MS and 1/4MS) and 3% (w/v) sucrose was found suitable for shoot survival and root formation of *in vitro B. kaoi* plantlets. A 100% root formation rate was obtained from *in vitro* shoots cultured on the medium containing half-strength MS salt, 0.5 mg/l indole-3-butyric acid (IBA) without basal callus further induced. An increased survival rate for *in vitro* plantlets acclimation by using ventilative container closure of dispense paper to exchange the normal used aluminum foil after 2-3 weeks culturing in a total 6 weeks incubation span was achieved. Leaves of i*n vitro* rooted plantlets were partial trimmed (3-4 cm remnant in length) and transplanted into BioMix: vermiculite: perlite = 1: 1: 1 (v/v) mixed substrate inside a transparent plastic box with cover. Boxes were put into a growth chamber under 22℃ (14 h in light) / 18℃ (10 h in darkness) environmental condition for 4 weeks acclimation. The best survival rate was 92% after 4 weeks of acclimation from plantlets previously cultured on half-strength MS medium containing with 0.5 mg/l IBA and 0.1-0.2 mg/l $\alpha$ -naphthaleneacetic acid (NAA), in combination with changing aluminum foil with 3 layers of dispense paper as container closure after 2 weeks culturing. These results including *in vitro* treatment by modifying medium components and exchanging container closure for root formation and plantlets quality; *ex vitro* treatment by planting plantlets inside a transparent plastic box with cover for reducing transpiration would be useful for industrial production of *in vitro Bupleurum kaoi* plantlets.

**Key words:** *Bupleurum kaoi*, Medicinal plant, Rooting, Acclimation, Container closure.

---

1. Contribution No.2209 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 13, 2004.
2. Assistant Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. (PhD Candidate, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University.)
3. Associate Researcher, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Professor, Graduate Institute of Biotechnology, Chaoyang University of Technology, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Corresponding author, e-mail: hstsay@mail.cyut.edu.tw；Fax: (04) 23742371.

中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53:261~268 (2004)

# 三種殺草劑對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響 [1]

林素禎[2] 林淑媛[2] 吳繼光[3,4]

## 摘　要

林素禎、林淑媛、吳繼光。2004。三種殺草劑對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響。中華農業研究 53:261-268。

本文乃探討三種殺草劑（年年春、巴拉刈與龍無草）對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響。年年春、巴拉刈與龍無草的用量分別為 4.1, 1.2 與 1 g/L。菌根菌孢子經消毒後，置於含有殺草劑的水瓊脂培養基中，每個培養皿（直徑 9cm）放 50 個孢子，定期調查菌根菌孢子之發芽率與菌絲長度。試驗結果發現，*Gigaspora albida*，*Glomus mosseae*，*Scutellospora fulgida* 與 *Acaulospora tuberculata* 四種菌根菌孢子在年年春處理平均約 3 週後，孢子的發芽完全受抑制。*G. mosseae*，*S. fulgida* 與 *A. tuberculata* 三種菌根菌孢子在巴拉刈處理平均約 3 週後，孢子的發芽完全受抑制，而巴拉刈對 *Gi. albida* 孢子發芽與菌絲生長亦有顯著之抑制作用，在巴拉刈處理 18 天後，發芽率為 7.2%，菌絲長度為 7.8 mm，而對照組發芽率為 47.2%，菌絲長度為 72.0 mm。*Gi. albida* 與 *S. fulgida* 兩種菌根菌孢子在龍無草處理平均約 3 週後，對孢子的發芽率影響不顯著，但對菌絲生長皆有顯著之抑制；龍無草對 *G. mosseae* 與 *A. tuberculata* 兩種菌根菌之孢子發芽與菌絲生長皆有明顯之抑制作用。四種菌根菌中，*Gi. albida* 孢子對殺草劑較有抗性。

**關鍵詞：**殺草劑、叢枝菌根菌、孢子。

## 前　言

早在 1984 年 Dr. J. Trappe 等人曾就殺草劑對於外生菌根菌的影響進行評論，其中年年春（glyphosate）對於外生菌根菌較沒有影響，甚而有時有促進菌絲生長的現象。另一種殺草劑巴拉刈（paraquat）對於外生菌根菌的菌絲生長有時會有抑制現象，且對於松樹外生菌根的形成也會造成抑制 (Cudlin *et al*. 1983) 。至於殺草劑對於叢枝菌根菌孢子產量的影響，常會因為作物的種類、施用的劑量、以及環境條件等的不同，而造成結果不一致的現象(Johnson & Pfleger 1992)。 巴拉刈依推薦量及其 15 倍用量施用於小麥田後發現該殺草劑並不會造成小麥根圈菌根菌孢子產量的減少 (Smith *et al*. 1981) 。此外，若施用巴拉刈及草滅淨 (simazin) 於柑橘園內，五年後對於柑橘菌根的感染率也無

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2210 號。接受日期：94 年 1 月 27 日。
2. 本所農化組助理研究員、約用助理。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 原行政院農業委員會農業試驗所副研究員，現為臺中健康管理學院副教授。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：wucg@thmu.edu.tw。

影響。但這兩種殺草劑於溫室內，若以澆灌的方式施用於柑橘盆栽內，則會顯著降低 *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann 在根內的感染率 (Nemec & Tucker 1983) 。年年春、巴拉刈與龍無草（Londax）三種殺草劑，依推薦量施用於田間雜草紫花藿香薊 (*Ageratum houstonianum* Mill.) ，在連續兩年內施用四次，三種殺草劑皆可明顯降低紫花藿香薊根圈的菌根菌孢子數（吳等 2000；林等 2003）。

由於菌根菌孢子本身是一種具有厚壁的繁殖體，可在土壤中存活一段相當長的時間，自土壤中所篩洗出來的孢子無法判別那些是本季節所產生的？那些是上一季所產生的？故殺草劑對菌根菌孢子的發芽率與菌絲生長無法由田間試驗直接得知。有關農藥對菌根菌孢子的發芽率與菌絲生長的影響之研究文獻並不多見，已知 *G. etunicatum* 孢子在含有殺菌劑四氯異苯腈（chlorothalonil）、免賴得（benomyl）、鋅錳右滅達樂（mancozeb+metalaxyl）的水瓊脂培養基中均不發芽，卻可在含有依得利（etridiazole）殺菌劑的水瓊脂培養基中發芽，但隨著依得利殺菌劑施用濃度提高，孢子發芽率與菌絲長度明顯下降（俞 2000）。

本試驗乃將田間四種常見的菌根菌孢子經消毒後置於含有殺草劑的水瓊脂培養基中培養，探討年年春、巴拉刈與龍無草三種殺草劑對四種菌根菌孢子的發芽率與菌絲生長之影響。

# 材料與方法

### 殺草劑之水瓊脂培養基配製

年年春（glyphosate，Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine，液劑，濃度為 41%，億豐公司）、巴拉刈（paraquat，1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride，液劑，濃度為 24%，惠光公司）與龍無草（Londax，Bensulfuron-methyl benzoate，可濕性粉劑，濃度為 10%，杜邦公司）三種殺草劑的使用濃度為田間施用時之推薦濃度。將配好之殺草劑溶液以 0.45μm 的無菌過濾膜過濾之，濾液加入約 45℃已殺菌的水瓊脂培養基中，混勻，使最終濃度分別為 4.1, 1.2 與 1 g/L。每個直徑 9 公分的培養皿倒入 20ml 的培養基，待冷卻後置於 10℃以下冰箱中備用。另配製不添加殺草劑之水瓊脂培養基作為對照組。

### 菌根菌孢子的分離與消毒

稱取適量的菌土, 以濕篩法和糖液離心法（Daniels & Skipper 1982）分離孢子後, 在顯微鏡下挑取孢子。孢子消毒過程均在無菌操作台內進行。孢子以 2% Chloramine-T 浸泡 10 分鐘，接著以無菌水洗三次（超音波震盪 10~20 秒），然後以 2% Chloramine-T 浸泡 10 分鐘，最後以 200 mg/l Streptomycin sulphate 與 100mg/l Gentamicin sulphate 消毒三次，每次一天。孢子消毒完後放在水瓊脂培養基上進行發芽，每皿培養基上放 50 個孢子，每一處理 5 重複。所使用之菌根菌種類為 *Gigaspora albida* Schenck & Smith，*Glomus mosseae*（Nicol. & Gerd.） Gerdemann & Trappe，*Scutellospora fulgida Koske &Walker* 與 *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe。

### 菌根菌孢子發芽率與菌絲長度之調查

孢子放在培養皿後，置於二氧化碳培養箱（SANYO Electric Co., Ltd. Japan）中黑暗培養，培養箱溫度為 25℃，二氧化碳濃度為 2%，菌根菌孢子之發芽率與菌絲長度每週調查 1~2 次。培養皿沒有密封，當培養皿遭到污染時則停止調查。孢子發芽之認定為孢子發芽管生長的長度超過 5 μm，則視為已發芽(Tommerup 1983)。菌絲長度的計算採格子線交叉法 (gridline intersect method) ( Giovannetti & Mosse 1980)。

# 結 果

菌根菌 *Gigaspora albida* 孢子在培養 3 天後，三種殺草劑均對孢子發芽率有明顯抑制(表 1)，其中以年年春最具抑制功效，孢子完全不發芽，其次為巴拉刈，孢子的發芽率為對照組的 11%，龍無草的影響較小，孢子的發芽率為對照組的 74%。培養 18 天後，年年春依然完全抑制孢子之發芽，巴拉刈處理者亦有顯著的抑制作用，發芽率為對照組的 15%，龍無草處理者則與對照組無明顯差異。在菌絲生長方面，殺草劑處理 18 天後，孢子的菌絲生長皆明顯受三種殺草劑之抑制，其中以年年春的抑制作用最大，孢子皆沒有發芽，其次為巴拉刈，菌絲長度為對照組的 11%，而龍無草的影響較小，菌絲長度為對照組的 52%。由以上結果可知，年年春與巴拉刈對 *Gi. Albida* 孢子的發芽率與菌絲生長皆有顯著抑制作用，龍無草對 *Gi. Albida* 孢子的發芽率影響不大，但對菌絲生長有明顯的抑制作用。

菌根菌 *Glomus mosseae* 孢子在培養 18 天後，三種殺草劑均對孢子發芽率有明顯抑制(表 2)，其中以年年春與巴拉刈的抑制作用較大，孢子完全不發芽，而龍無草處理者之孢子發芽率為對照組之 12%。在菌絲生長方面，殺草劑處理 18 天後，孢子的菌絲生長皆明顯受三種殺草劑之抑制，其中以年年春與巴拉刈的抑制作用較大，孢子皆沒有發芽，而龍無草的菌絲長度為對照組的 26%。由以上結果可知，三種殺草劑對菌根菌 *G. mosseae* 孢子的發芽率與菌絲生長皆有明顯的抑制作用。

菌根菌 *Scutellospora fulgida* 孢子在培養 27 天後，巴拉刈與年年春處理的孢子發芽率皆為 0（表 3），而龍無草處理者則無顯著之影響。在菌絲生長方面，殺草劑處理 27 天後，孢子的菌絲生長皆明顯受三種殺草劑之抑制，其中以年年春與巴拉刈的抑制作用較大，孢子皆沒有發芽，而龍無草的菌絲長度為對照組的 58%。以上結果可知，年年春與巴拉刈對 *S. fulgida* 孢子的發芽率與菌絲生長皆有顯著抑制作用，龍無草對 *S. fulgida* 孢子的發芽率影響不大，但對菌絲生長有明顯的抑制作用。

**表 1.** 三種殺草劑對 *Gigaspora albida* 孢子發芽率與菌絲生長之影響
**Table 1.** Effect of three herbicides on the spore germination and mycelial growth of *Gigaspora albida*

| Treatment [z] | Spore germination（%）after herbicide treatment [y] | | | | | Mycelial growth (mm/spore) after herbicide treatment [x] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 days | 7 days | 10 days | 14 days | 18 days | 3 days | 7 days | 10 days | 14 days | 18 days |
| CK | 40.8 a [w] | 41.2 a | 44.0 a | 46.4 a | 47.2 a | 10.3 a | 35.3 a | 53.2 a | 70.2 a | 72.0 a |
| BMB | 30.4 b | 40.8 a | 44.0 a | 44.8 a | 44.5 a | 5.8 b | 21.6 b | 26.7 b | 34.6 b | 37.7 b |
| DBD | 4.8 c | 5.2 b | 6.0 b | 6.8 b | 7.2 b | 1.0 c | 4.9 c | 6.2 c | 6.9 c | 7.8 c |
| IPG | 0.0 c | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |

[z] CK：Control；BMB：Bensulfuron-methyl benzoate (Londax)；DBD：1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride (paraquat)；IPG：Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine (glyphosate). Dosage for each herbicide was the same as recommendation, 4.1, 1.2, and 1 g/L respectively.

[y] After surface sterilization, 50 spores per plate (9 cm in diameter) were pipetted on water agar which was mixed with or without herbicide. The dosage for each herbicide was mentioned above. Spore germination was regularly counted until 18 days after the treatment.

[x] Mycelial growth was regularly measured by hyphal length until 18 days after the treatment by gridline intersect method ( Giovannetti & Mosse 1980).

[w] Means in each column with the same letter are not significantly different by T-test at 5% level.

**表 2.** 三種殺草劑對 *Glomus mosseae* 孢子發芽率與菌絲生長之影響
**Table 2.** Effect of three herbicides on the spore germination and mycelial growth of *Glomus mosseae*

| Treatment [z] | Spore germination（%）after herbicide treatment [y] | | | | | Mycelial growth (mm/spore) after herbicide treatment [x] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 days | 7 days | 11 days | 14 days | 18 days | 4 days | 7 days | 11 days | 14 days | 18 days |
| CK | 31.2 a [w] | 52.8 a | 56.0 a | 59.8 a | 61.4 a | 3.7 a | 5.5 a | 6.2 a | 6.7 a | 6.9 a |
| BMB | 1.6 b | 2.4 b | 3.6 b | 5.2 b | 7.2 b | 0.3 b | 1.0 b | 1.5 b | 1.5 b | 1.8 b |
| DBD | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |
| IPG | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |

[z] CK：Control；BMB：Bensulfuron-methyl benzoate (Londax)；DBD：1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride (paraquat)；IPG：Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine (glyphosate). Dosage for each herbicide was the same as recommendation, 4.1, 1.2, and 1 g/L respectively.
[y] After surface sterilization, 50 spores per plate (9 cm in diameter) were pipetted on water agar which was mixed with or without herbicide. The dosage for each herbicide was mentioned above. Spore germination was regularly counted until 18 days after the treatment.
[x] Mycelial growth was regularly measured by hyphal length until 18 days after the treatment by gridline intersect method ( Giovannetti & Mosse 1980).
[w] Means in each column with the same letter are not significantly different by T-test at 5% level.

**表 3.** 三種殺草劑對 *Scutellospora fulgida* 孢子發芽率與菌絲生長之影響
**Table 3.** Effect of three herbicides on the spore germination and mycelial growth of *Scutellospora fulgida*

| Treatment [z] | Spore germination（%）after herbicide treatment [y] | | | | Mycelial growth (mm/spore) after herbicide treatment [x] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 days | 14 days | 20 days | 27 days | 7 days | 14 days | 20 days | 27 days |
| CK | 7.6 a [w] | 16.0 a | 16.8 a | 16.8 a | 1.1 a | 4.0 a | 5.5 a | 6.6 a |
| BMB | 11.6 a | 18.0 a | 18.4 a | 19.2 a | 1.0 a | 2.3 b | 3.0 b | 3.8 b |
| DBD | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |
| IPG | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 c | 0.0 c | 0.0 c |

[z] CK：Control；BMB：Bensulfuron-methyl benzoate (Londax)；DBD：1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride (paraquat)；IPG：Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine (glyphosate). Dosage for each herbicide was the same as recommendation, 4.1, 1.2, and 1 g/L respectively.
[y] After surface sterilization, 50 spores per plate (9 cm in diameter) were pipetted on water agar which was mixed with or without herbicide. The dosage for each herbicide was mentioned above. Spore germination was regularly counted until 27 days after the treatment.
[x] Mycelial growth was regularly measured by hyphal length until 27 days after the treatment by gridline intersect method ( Giovannetti & Mosse 1980).
[w] Means in each column with the same letter are not significantly different by T-test at 5% level.

菌根菌 *Acaulospora tuberculata* 孢子在培養 26 天後，三種殺草劑均對孢子發芽率有明顯抑制(表 4)，其中以年年春與巴拉刈的抑制作用較大，孢子完全不發芽，而龍無草處理者之孢子發芽率為對照組之 52%。在菌絲生長方面，殺草劑處理 26 天後，孢子的菌絲生長皆明顯受三種殺草劑之抑制，其中以年年春與巴拉刈的抑制作用較大，孢子皆沒有發芽，而龍無草的菌絲長度為對照組的 29%。由以上結果可知，三種殺草劑對菌根菌 *A. tuberculata* 孢子的發芽率與菌絲生長皆有明顯的抑制作用。

綜合以上試驗結果可知年年春對於四種菌根菌孢子之發芽抑制作用最強，在培養期間其發芽率皆為零。巴拉刈對孢子之發芽抑制作用次之，可完全抑制三種菌根菌孢子發芽， *Gigaspora albida* 孢子經巴拉刈處理後雖有發芽,但發芽率僅為對照組的 11%。龍無草對 *Gi. Albida* 與 *Scutellospora fulgida* 兩種菌根菌孢子的發芽率無明顯影響，但對 *Glomus mosseae* 與 *Acaulospora tuberculata* 兩種菌根菌孢子的發芽率則有明顯影響；龍無草對四種菌根菌孢子的菌絲生長皆有明顯的抑制作用。

**表 4.** 三種殺草劑對 *Acaulospora tuberculata* 孢子發芽率與菌絲生長之影響
**Table 4.** Effect of three herbicides on the spore germination and mycelial growth of *Acaulospora tuberculata*

| Treatment [z] | Spore germination（%）after herbicide treatment [y] | | | | | Mycelial growth (mm/spore) after herbicide treatment [x] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 days | 14 days | 18days | 22 days | 26 days | 7 days | 14 days | 18days | 22 days | 26 days |
| CK | 0 | 0 | 18.8 a [w] | 23.2 a | 25.6 a | 0 | 0 | 10.5 a | 39.4 a | 64.6 a |
| BMB | 0 | 0 | 10.6 a | 13.1 b | 13.4 b | 0 | 0 | 1.5 b | 12.9 b | 18.7 b |
| DBD | 0 | 0 | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0 | 0 | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b |
| IPG | 0 | 0 | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b | 0 | 0 | 0.0 b | 0.0 b | 0.0 b |

[z] CK：Control；BMB：Bensulfuron-methyl benzoate (Londax)；DBD：1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride (paraquat)；IPG：Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine (glyphosate). Dosage for each herbicide was the same as recommendation, 4.1, 1.2, and 1 g/L respectively.
[y] After surface sterilization, 50 spores per plate (9 cm in diameter) were pipetted on water agar which was mixed with or without herbicide. The dosage for each herbicide was mentioned above. Spore germination was regularly counted until 26 days after the treatment.
[x] Mycelial growth was regularly measured by hyphal length until 26 days after the treatment by gridline intersect method ( Giovannetti & Mosse 1980).
[w] Means in each column with the same letter are not significantly different by T-test at 5% level.

# 討 論

在本試驗中將孢子置於含年年春、巴拉刈與龍無草三種殺草劑的水瓊脂培養基中，讓三種殺草劑直接接觸菌根菌孢子，以減少作物種類與環境的影響，直接探討三種殺草劑對叢枝內生菌根菌孢子發芽率與菌絲生長之影響。

早期的孢子發芽試驗，孢子皆先經殺菌處理 （Hepper & Smith 1976；Mosse 1959，1962）。 Koske (1981) 發現，表面不經殺菌處理的孢子之發芽率，與表面經過殺菌處理的孢子之發芽率，並沒有明顯之差異。但 Mayo 等人 (1986) 發現 *Glomus versiforme* (Karsten) Berch 孢子發芽時，若孢子表面不經殺菌處理，則孢子發芽率比經表面殺菌處理之孢子之發芽率高約 1.5~2.2 倍。Wilson 等人 (1989) 亦發現，孢子表面經殺菌處理後，孢子發芽率降低 45%。 本試驗為了排除其他細菌與黴菌對孢子發芽之影響，菌根菌孢子皆經表面消毒後進行發芽試驗，但試驗結果發現 *Scutellospora fulgida* 與 *Acaulospora tuberculata* 兩菌種之孢子發芽率偏低，分別為 19.2% 與 25.6%，可能是由於孢子經殺菌處理後，降低其發芽率所致。

本試驗中孢子放在培養皿後，置於二氧化碳培養箱中培養，此乃根據 Bécard & Piché（1989）試驗結果而設計，Bécard & Piché（1989）發現二氧化碳 2%可促進孢子發芽率和(或)菌絲生長。由於孢子發芽皿在二氧化碳培養箱中培養沒有密封，在定期調查孢子發芽率與菌絲生長的過程中，孢子發芽皿易受污染，如 *Gi. albida* 與 *G. mosseae* 兩菌種只培養 18 天即受污染。當孢子發芽皿遭到污染時則停止調查。

試驗中所使用的四種菌根菌中，只有 *Gigaspora albida* 孢子可在含有巴拉刈的水瓊脂培養基中發芽，*Gi. albida* 對巴拉刈較具抗性，這可能與孢子的大小有關，*Gi. Albida* 的孢子直徑平均為 250 µm，其他三種菌根菌的孢子直徑平均為 180~202 µm。Sieverding & Leihner (1984) 亦有類似的報導，他們發現在樹薯田內施用殺草劑樂滅草 (oxadiazon) 會抑制繡球孢子屬(*Glomus* spp.) 的族群，而大孢子屬(*Gigaspora* spp.) 與厚囊實果屬(*Sclerocystis* spp.) 的族群則增加。

## 誌 謝

本報告係行政院國家科學委員會專題研究計畫 (NSC 89-2621-B-055-005-A12) 成果之一部份，感謝國科會多年在叢枝內生菌根菌生態學研究上之支持；此外，本研究之得以順利完成，應感謝農化組土壤微生物研究室內所有同仁的協助。

## 引用文獻

吳繼光、林淑媛、林素禎。2000。殺草劑因子對叢枝內生菌根菌族群變動之影響。 中華農業研究 49(1):42~49。

林素禎、林淑媛、吳繼光。2003。不同殺草劑對叢枝內生菌根菌族群變動之影響。 中華農業研究 52:93~98。

俞淑真。2000。殺菌劑對苦瓜菌根植株感染率、生長及產量之影響。p.49-61。國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。

Bécard, G. and Y. Piché. 1989. Fungal growth stimulation by $CO_2$ and root exudates in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Appl. Environ. Microbiol. 55:2320-2325.

Cudlin, P., V. Mejstrik ,and J. Skoupy. 1983. Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. Plant Soil 71:353-361.

Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of progagules from soil. p.20-45. *in:* Methods and Principle of Mycorrhizal Research. (Schenck, N.C., ed.) APS press, St. Paul.

Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol. 84:489-500.

Hepper, C. M. and G. A. Smith. 1976. Observation's on the germination of *Endogone* spores. Trans. Br. Mycol. Soc. 66:189-194.

Johnson, N. C. and F. L. Pfleger. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. p.71-99. *in*: Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. (Bethlenfalvay, G. J. and R. G. Linderman, eds.) Am. Soc. Agron. Spec. Publ. 54. Madison, WI.

Koske, R. E. 1981. *Gigaspora Gigantea*: observations on spore germination of a VA-mycorrhizal fungus. Mycologia 73:288-300.

Mayo, K., R. E. Davis, and J. Motta. 1986. Stimulation of germination of spores of *Glomus versiforme* by spore-associated bacteria. Mycologia. 78:426-431.

Mosse, B. 1959. The regular germination of resting spores and some observations on the growth requirements of an *Endogone* sp. causing vesicular mycorrhiza. Trans. Br. Mycol. Soc. 42:273-286.

Mosse, B. 1962. The establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza under aseptic conditions. J. Gen. Microbiol. 27:509-520.

Nemec, S. and D. Tucker. 1983. Effects of herbicides on endomycorrhizal fungi in Florida citrus (Citrus spp.) soils. Weed Sci. 31:427-431.

Sieverding, E. and D. E. Leihner. 1984. Effect of herbicides on population dynamics of VA-mycorrhiza with cassava. Angew. Bot. 58:283-294.

Smith, T. F., A. J. Noack, and S. M. Cosh. 1981. The effect of some herbicides on vesicular-arbuscular endophyte abundance in the soil and on infection of host roots. Pestic. Sci. 12:91-97.

Tommerup, I. C. 1983. Spores dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Trans. Br. Mycol. Soc. 81:37-45.

Trappe, J. M., R. Molina, and M. Castellano. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhizal formation to pesticides. Annu. Rev. Phytopathol. 22:331-359.

Wilson, G. W. T., B. A. Daniels Hetrick, and D. Gerschefske Kitt. 1989. Suppression of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus spore germination by nonsterile soil. Can. J. Bot. 67:18-23.

# Comparative Study of Herbicide Effect on the Spore Germination and Hyphal Growth of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi[1]

Su-Chen Lin[2], Su-Yuang Lin[2] and Chi-Guang Wu[3,4]

## Summary

Lin, S. C., S. Y. Lin, and C. G. Wu. 2004. Comparative study of herbicide effects on the spore germination and hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. J. Agric. Res. China 53:261-268.

Three different herbicides, *i.e.*, Isopropylamine salt of N-phospho-nomethyl glycine (glyphosate), 1,1-Dimethyl- 4,4-bipyridylium dichloride (paraquat), and Bensulfuron- methyl benzoate(londax), were evaluated *in vitro* for their influences on the spore germination and hyphal growth of four vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Gigaspora albida* Schenck & Smith, *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe, *Scutellospora fulgida* Koske &Walker , and *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe. The dosages of each herbicide used in the study were 4.1, 1.2, and 1g/L respectively. After surface sterilization, 50 spores per plate (9 cm in diameter) were pipetted on water agar amended with different concentration of herbicides. Water agar without herbicide amendment was treated as controls. The results indicated that glyphosate could completely inhibit spore germination of *Gigaspora alibida, Glomus mosseae, Scutellospora fulgida*, and *Acaulospora tuberculata*. Paraquat did show the same inhibition effect as glyphosate on those species, except *Gi. albida*, whose germination rate was 7.2% and mycelial growth was 7.8 mm after 18 days herbicide treatment, in contrast to the controls whose germination rate was 47.2% and hyphal length was 72 mm. Londax inhibited significantly the germination and hyphal growth of *G. mosseae* and *A. tuberculata*; however, with regard to the species of *Gi.albida* and *S. fulgida*, it showed different influence pattern. The herbicide did not reduce the germination rate significantly, but it restrained the hyphal growth notably. In general, *Gi. albida* showed more tolerance to the herbicides used in this study than other species.

**Key words:** Herbicide, Arbuscular mycorrhizal fungi, Spore.

---

1. Contribution No.2210 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 27, 2005.
2. Respectively, Assistant Researcher, Research Assistant, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Former Associate Researcher, TARI. Currently, Associate Professor, Taichung Healthcare and Management University, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: wucg@thmu.edu.tw.

中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53:269~283 (2004)

# 1990 至 2002 年臺灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定[1]

陳隆澤[2] 陳一心[3] 程永雄[4,5]

## 摘 要

陳隆澤、陳一心、程永雄。2004。1990 至 2002 年臺灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定。中華農業研究 53:269-283。

自 1990 至 2002 年間，農業試驗所嘉義分所稻熱病檢定圃，先後計檢定國內 8 個稻作改良場所育成水稻品種(系)2,606 個。參試品種(系)之罹病程度因年度與期作而異。一般而言，水稻品種(系)對葉稻熱病之抗性較穗稻熱病為強，抗葉稻熱病之比例平均較抗穗稻熱病者高出 19.5%，其中在稉稻，除 1990 年外，其兩者間均成顯著正相關(r =0.65~0.91，P<0.01)，惟秈稻對葉及穗稻熱病之抗性則表現較不一致。參試稉稻品種(系)較秈稻容易罹患稻熱病，尤其是穗稻熱病；秈稻抗葉稻熱病之比例平均較稉稻高 12.6%，而抗穗稻熱病者更高出稉稻 31.6%。稉稻品種(系)在第一期作較第二期作容易罹病，在兩期作之罹病級數相差達 1.26 級；而秈稻在兩期作之發病程度則較為一致，在兩期作之罹病級數僅相差 0.06 級。稉稻品種(系)在旱田式病圃對葉稻熱病之反應，除 1990 年外，均與其在水田式病圃之反應相當一致 ( r=0.46~0.90，P<0.01)，而秈稻則較不一致；但其發病程度均較水田式病圃嚴重，兩者之平均罹病級數相差達 1.62 級。近年來國內育成之抗病品種如臺稉8 號、臺稉11 號、臺稉14 號及臺稉16 號等，在其命名推廣大面積栽植 1 至 5 年後即淪為感病，尤其是稉稻，因此加強選育具有持久性之抗病品種已成刻不容緩之重要課題。

**關鍵詞：**水稻、稻熱病、稻熱病檢定圃。

## 前 言

稻熱病為臺灣水稻最主要病害之一，每年均會發生。根據臺灣省政府農林廳統計報告，在第一期作稻熱病發生面積佔水稻總栽培面積的十分之一以上，大發生之年份其發病面積更高達五分之一(未具名 1985)，估計稻穀損失達年總生產量之 1.5~5.0%(Ou & Lin 1958；Wu 1979) ，使稻農遭受嚴重損失。稻熱病雖可施藥防治，但除增加生產成本外，亦會影響生態，破壞環境，因此栽植抗病品種被認為是稻熱病綜合管理体系中最經濟有效的防治方法(清澤 1974；山崎&高阪 1980；Chang *et al.* 1980；Ou & Lin 1958)，抗稻熱病育種亦成為國內各改良場所從事水稻育種最主要目標之一。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2211 號。接受日期：94 年 2 月 4 日。
2. 本所嘉義分所農藝系副研究員。臺灣 嘉義市。
3. 本所嘉義分所農藝系研究員兼系主任。臺灣 嘉義市。
4. 本所研究員兼嘉義分所分所長。臺灣 嘉義市。
5. 通訊作者，電子郵件：cyh@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

臺灣水稻抗稻熱病育種始自 1950 年代(Ou & Lin 1958)，為配合抗病育種之進行，自民國 45 年起在農復會之補助下，於稻熱病主要發生地區設置統一病圃五處， 民國 54 至 62 年間因故停辦，民國 63 年恢復設置，民國 71 年後減為嘉義及關山兩處。民國 63 年至 78 年間稻熱病統一病圃檢定結果已有報導(陳 1990)。本文爰就民國 79 年至 91 年間，國內各改良場所育成水稻品種(系)在嘉義病圃之檢定結果摘要報告，提供從事水稻抗病育種等相關人員之參考。

## 材料與方法

### 供試水稻品種(系)

參試品種(系)為國內農業試驗所、嘉義農業試驗分所與桃園、臺中、臺南、高雄、臺東及花蓮區農業改良場等 8 個稻作改良場所提供，包括高級、區域試驗品系及主要推廣栽培品種，民國 79 年至 91 年共 13 年間計檢定 2,606 個品種(系)，歷年各場所參試品種(系)詳如表 1 所列。

### 稻熱病檢定方法

稻熱病檢定圃分水田式及旱田式病圃。水田式病圃設置於第一期作，試驗田採順序排列，重複二或三次，每品種(系)種植兩行，行株距 25×20 公分， 每行 7 株， 每隔兩個品種(系)種植一行感病品種 Lomello 及每行前後各植一株 Lomello，做為感染源，另每隔 10 個品種(系)種植一行台農 70 號，當做對照品種。每公頃 N、$P_2O_5$、$K_2O$ 三要素肥料施用量分別為 320、54 及 60 公斤。其中氮肥五分之一量及磷、鉀肥全量用做基肥，其餘氮肥分別在插秧後 15 天、25 天、35 天及抽穗前 25 天施用。其他管理方法依照一般慣行法實施，唯應注意其他病蟲害之防治。生育前期調查葉稻熱病，生育後期調查穗稻熱病。旱田式病圃設置於第一、二期作，試驗田採順序排列，條播，行長 50 公分，行距 10 公分，每品種(系)播種一行，二或三重複，每行播種稻種 5 公克，每隔 10 行播種兩行感病品種 Lomello 及其中間夾播一行抗病品種台農 70 號，以資對照，周圍邊行全部播種 Lomello 作為接種源。每公頃 N、$P_2O_5$、$K_2O$ 三要素肥料施用量分別為 240、36 及 48 公斤。整地時氮肥四分之一量及磷、鉀肥全量用做基肥與土壤混合均勻，剩餘氮肥分別在播種後 15 天、25 天、35 天做為追肥施用。稻種發芽後，每天在葉面上噴水數次，以保持適當濕度，促進發病，並調查葉稻熱病發病級數。

### 稻熱病調查方法與標準

**葉稻熱病：**依據國際稻熱病圃(International Rice Blast Nursery, IRBN)調查方法及標準(IRRI 1988)於發病初期、中期及末期各調查一次。調查標準分為 0－9 等 10 級：0 級為無病斑；1 級為葉片上有針尖大小或較大之褐色斑點但無產孢中心；2 級為葉片上有小圓至微長形之壞疽灰色病斑，其直徑約 1～2mm，病斑具明顯褐色邊緣，大部份發生在下部葉片；3 級為葉片上病斑同前者，但在上部葉片有顯著數目的病斑；4 級為葉片上有典型之感病型稻熱病病斑，其直徑 3mm 或較長，感病型病斑占葉面積 2%以下；5 級為葉片上典型之稻熱病病斑占葉面積之 2～10%；6 級為葉片上典型之稻熱病病斑占葉面積之 11～25%；7 級為葉片上典型之稻熱病病斑占葉面積之 26～50%；8 級為葉片上典型之稻熱病病斑占葉面積之 51～75%，並有許多葉片枯死；9 級為葉片面積 75%以上被害。若病斑僅於葉節處發生而致葉片由葉鞘處倒折者，判定為第 4 級；而罹病級數如介於相鄰兩級之間者，以較嚴重之等級記錄之。等級反應歸類：0 級為極抗，1～3 級為抗，4～5 級為中抗，6 級為中感，7～8 級為感，9 級為極感。

**穗稻熱病：**依照國際稻熱病圃調查方法及標準(IRRI 1988)，於水稻抽穗後 30 天調查一次。調查標準分為 0－9 等 6 級：0 級為無被害穗，1 級為罹病穗率為 5%以下，3 級為罹病穗率為 5～10%，5

**表 1.** 民國 79 年至 91 年參加嘉義稻熱病圃檢定之水稻品種(系)名稱
**Table 1.** The rice varieties and strains tested for rice blast in Chiayi blast nursery during 1990-2002

| Breeding station | Year | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
| Agricultural Research Institute | TNG67,<br>TKY34,<br>etc. (J.19)[z] | TNG67,<br>TKY34,<br>etc. (J.21)[z] | TNG67,<br>TKY703,<br>etc. (J.22)[z] | TNG67,<br>TKY12033,<br>etc. (J.26)[z] | TNG67,<br>TKY12033,<br>etc. (J.31)[z] |
| Chiayi Agricultural Experiment Station | TNG70,<br>Lomello,<br>(J.1, I.1)[z] | TNG70,<br>Lomello,<br>(J.1, I.1)[z] | TNG70,<br>Lomello,<br>(J.1, I.1)[z] | TNG70,<br>Lomello,<br>(J.1, I.1)[z] | TNG70,<br>Lomello,<br>(J.1, I.1)[z] |
| Taoyuan District Agricultural Improvement Station | TKY8345,<br>etc. (J.12)[z] | TKY6698,<br>etc. (J.14)[z] | TKY15981,<br>etc. (J.20)[z] | TKY26241,<br>etc. (J.20)[z] | TKY15792,<br>etc. (J.20)[z] |
| Taichung District Agricultural Improvement Station | TC189,<br>TCG70,<br>TCS10,<br>TCSG1,<br>TKY3861,<br>etc. (J.19, I.20)[z] | TC189,<br>TCS10, TS1,<br>TCSG1, TKY<br>7309, etc.<br>(J.14,I.31)[z] | TC189,<br>TK3, TCS10,<br>TCSG1, TKY<br>15677, etc.<br>(J.22, I.28)[z] | TC189,<br>TCG70,<br>TK3, TCS10,<br>TCSG1,<br>TKY13630,<br>etc.(J.23,I.25)[z] | TC189,<br>TCG70, TK3,<br>TK9, TCS10,<br>TCSG1, TKY<br>40693, etc.<br>(J.23, I.21)[z] |
| Tainan District Agricultural Improvement Station | TN9, TK1,<br>TK2,<br>TKY3946,<br>etc. (J.20)[z] | TN9, TK1,<br>TK2, TKG1,<br>TKY4052,<br>etc. (J.21)[z] | TK1, TK2,<br>TKG1,<br>TKY8961,<br>etc. (J.28)[z] | TK1, TK2,<br>TK8, TKG1,<br>TKY26089,<br>etc. (J.25)[z] | TK1, TK2,<br>TK8, TKG1,<br>TKY27873,<br>etc. (J.27)[z] |
| Kaohsiung District Agricultural Improvement Station | KH141,<br>TKY2671,<br>etc.(J.14,I.8)[z] | KH141,<br>TKY5514,<br>etc.(J.13,I.5)[z] | KH141, TK5,<br>TKY5970,<br>etc.(J.15,I.13)[z] | KH139, TK5,<br>KH141,KHS7,<br>KH142,<br>TKY13034,<br>etc.(J.15,I.10)[z] | KH141, TK5,<br>KH142,<br>TKY14836,<br>etc.(J.17,I.9)[z] |
| Taitung District Agricultural Improvement Station | TKY972,<br>etc.(J.10)[z] | TKY6702,<br>etc.(J.12)[z] | TKY13685,<br>etc.(J.18)[z] | TK7,<br>TKY12486,<br>etc.(J.18)[z] | TK7,<br>TKY14316,<br>etc.(J.16)[z] |
| Hualien District Agricultural Improvement Station | TKY3484,<br>etc.(J.23)[z] | TKY7796,<br>etc.(J.23)[z] | TK4, TK6,<br>TKY7796,<br>etc.(J.32)[z] | TK4, TK6,<br>TKY13373,<br>etc.(J.32)[z] | TK4, TK6,<br>TK10,<br>TKY47537,<br>etc.(J. 34)[z] |
| Sum | 148<br>(J.118, I.30)[z] | 156<br>(J.119, I.37)[z] | 200<br>(J.158, I.42)[z] | 196<br>(J.160, I.36)[z] | 200<br>(J.169, I.31)[z] |

[z] J., I. in the parentheses indicated the Japonica and Indica rice. Figures in the parentheses are the number of entries.
[y] Entries included the Japonica rice regional yield trials.
[x] Entries included the Indica rice regional yield trials.

**表 1.** 民國 79 年至 91 年參加嘉義稻熱病圃檢定之水稻品種(系)名稱(續)
**Table 1.** The rice varieties and strains tested for rice blast in Chiayi blast nursery during 1990-2002 (continued)

| Breeding station | Year | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
| Agricultural Research Institute | TNG67, TKY33493, etc. (J.26)[z] | TNG67, TKY35917, etc. (J.43)[z] | TNG67, TKY35917, etc.(J.49)[z] | TNG67, TKY54747, etc.(J.51)[z] | TNG67, TKY62069, etc.(J.38)[z] |
| Chiayi Agricultural Experiment Station | TNG70, Lomello, (J.1,I.1)[z] | TNG70, TKY35312, etc.(J.19,I.1)[z] | TNG70, TKY35542, etc.(J.21,I.1)[z] | TNG70, TKY32896, etc.(J.23,I.1)[z] | TNG70, CNY871091, etc.(J.37,I.1)[z] |
| Taoyuan District Agricultural Improvement Station | TKY49005, etc. (J.20)[z] | TKY24804, etc. (J.20)[z] | TK14, TKY30806, etc.(J.21)[z] | TK14, TKY35838, etc.(J.23)[z] | TK14, TKY72215, etc.(J.23)[z] |
| Taichung District Agricultural Improvement Station | TC189, TK3, TCG70, TK9, TCS10, TCSG1, TKY47315, etc.(J.20,I.26)[z] | TC189, TK3, TCG70, TK9, TKG5, TCS10, TCSG1, TKY59249, etc.(J.21,I.24)[z] | TC189, TK3, TCG70, TK9, TK15, TKG5, TCS10, TCSG1, TKY59249, etc.(J.21,I.23)[z] | TCG70, TK3, TK9, TK15, TKG5, TCS10, TCSG1, TKY64419, etc.(J.20,I.21)[z] | TCG70, TK3, TK9, TK15, TCS10, TCSG1, TKY 39450,etc. (J.20,I.24)[z] |
| Tainan District Agricultural Improvement Station | TK1, TK2, TK8, TKG1, TKY35877, etc. (J.28)[z] | TK1, TK2, TK8, TKG1, TKG3, TKY27478, etc. (J.29)[z] | TK1, TK2, TK8, TKG1, TKG3, TKY29098, etc(J.27)[z] | TK1, TK2, TK8, TKG1, TKG3, TKY33916, etc.(J.28)[z] | TK1, TK2, TK8, TK17, TKG1,TKG3, TKY70871, etc.(J.30)[z] |
| Kaohsiung District Agricultural Improvement Station | KH142, TK5, TK11, TKY2195, etc.(J.17,I.11)[z] | KH142, TK5, TK11, TK12, TKY19202, etc.(J.15,I.11)[z] | KH142, TK5, TK11, TK12, TKY63343, etc.(J.16,I.11)[z] | TK5, TK11, TK12, TKY30950, etc.(J.18,I.13)[z] | TK5, TK11, TK12, TKY 70545, etc. (J.14, I.14)[z] |
| Taitung District Agricultural Improvement Station | TK7, TKY57103, etc.(J.12)[z] | TK7, TK13, TKY59801, etc.(J.14)[z] | TK7, TK13, TKY65651, etc.(J.16)[z] | TK7, TK13, TKY69931, etc.(J.18)[z] | TK7, TK13, TKY39092, etc.(J.16)[z] |
| Hualien District Agricultural Improvement Station | TK4, TK6, TK10, TKY4925, etc.(J.34)[z] | TK4, TK6, TK10, TKY24186, etc.(J.34)[z] | TK4, TK6, TK10, TK16 TKY25078, etc.(J.34)[z] | TK4, TK6, TK10, TK16, TKY25078, etc.(J.22)[z] | TK4, TK6, TK10, TK16, TKY36648, etc.(J.23)[z] |
| Sum | 196 (J.158, I.38)[z] | 231 (J.195, I.36)[z] | 240 (J.205, I.35)[z] | 238 (J.203, I.35)[z] | 240 (J.201, I.39)[z] |

表 1. 民國 79 年至 91 年參加嘉義稻熱病圃檢定之水稻品種(系)名稱(續)

**Table 1.** The rice varieties and strains tested for rice blast in Chiayi blast nursery during 1990-2002 (continued)

| Breeding station | Year | | | Total |
|---|---|---|---|---|
| | 2000 | 2001 | 2002 | |
| Agricultural Research Institute | TNG67, TKY62391, etc.(J.54)[z] | TNG67, TKY35034, etc.(J.46)[z] | TNG67, TNG71, TNGY862047, etc.(J.32)[z] | 458[y](J.)[z] |
| Chiayi Agricultural Experiment Station | TNG70, CNY862090, etc.(J.26,I.1)[z] | TNG70, CNY881102, etc.(J.17,I.1)[z] | TNG70, TNGS14, CNY892089, etc.(J.22,I.4)[z] | 187 (J.171,I.16)[z] |
| Taoyuan District Agricultural Improvement Station | TK14, TKY71829, etc.(J.23)[z] | TYY41018, etc.(J.14)[z] | TK14, TY1, TYY52432, etc.(J.16)[z] | 246 (J.)[z] |
| Taichung District Agricultural Improvement Station | TCG70, TK3, TK9, TK15, TKG5,TCS10, TCSG1, CKY2005, etc.(J.21,I.24)[z] | TK9, TCS10, TCSG1, CKY10128, etc.(J.11,I.19)[z] | TK9, TCS10, TCSG1, CKY10148, etc.(J.11,I.19)[z] | 552[x] (J.246,I.306)[z] |
| Tainan District Agricultural Improvement Station | TK1, TK2, TK8, TK17, TKG1, TKG3, NKY26, etc.(J.29)[z] | TK1, TKG1, NKY41, etc.(J.17)[z] | TK2, TK8, TK17, TKG1, NKY62, etc.(J.19)[z] | 328(J.)[z] |
| Kaohsiung District Agricultural Improvement Station | TK5, TK11, TK12, KHY386, etc.(J.17,I.11)[z] | TK11, KHY3392, etc.(J.11,I.6)[z] | KH143, TK5, TK11, KHY4044, etc.(J.13,I.6)[z] | 323 (J.195,I.128)[z] |
| Taitung District Agricultural Improvement Station | TK7, TK13, TTKY177, etc.(J.14)[z] | TTKY88203, etc.(J.8)[z] | TTKY892004, etc.(J.8)[z] | 180(J.)[z] |
| Hualien District Agricultural Improvement Station | TK4, TK6, TK10, TK16, HKY19, etc.(J.19)[z] | HKY27, etc.(J.10)[z] | TK4, TK16, HKY12, etc.(J.10,I.2)[z] | 332 (J.330,I.2)[z] |
| Sum | 239 (J.203, I.36)[z] | 160 (J.134, I.26)[z] | 162 (J.131, I.31)[z] | 2606 (J.2154,I.452)[z] |

級為罹病穗率為 11～25%，7 級為罹病穗率為 26～50%，9 級為罹病穗率為 50%以上。等級反應歸類：0 級為極抗，1 級為抗，3 級為中抗，5 級為中感，7 級為感，9 級為極感。

**資料統計分析**

將民國 79 年至 91 年 13 年間，歷年各場所新育成之水稻品種(系)在水田式及旱田式病圃對葉及穗稻熱病之發病級數及抗感反應等資料分別以電腦建檔，並將罹病等級採用 Spearman 氏之等級相關係數法進行相關性分析(沈 1997)。本試驗所有的資料及統計分析工作均藉由 SAS 8.12 版統計分析軟體完成。

# 結　果

**水稻品種(系)對葉及穗稻熱病之抗性反應**

民國 79 年至 91 年共 13 年間，嘉義水田式稻熱病檢定圃(以下簡稱水田病圃)計檢定國內各稻作改良場所育成水稻品種(系) 2,606 個，檢定結果列如表 2。雖然歷年參加檢定之品種(系)與稻熱病發生程度各有不同，但結果顯示每年抗葉稻熱病的品種(系)比例均高於抗穗稻熱病者，兩者差異平均高達 19.5%，尤其是民國 86 年差異更達 42.5%，由此可見參試水稻品種(系)對穗稻熱病之抗性遠不及對葉稻熱病之抗性，亦即參試之水稻品種(系)較易罹患穗稻熱病。

一般言之，參試秈稻品種(系)較稉稻品種(系)抗稻熱病，尤其是穗稻熱病，秈稻抗葉稻熱病之比例較稉稻高 12.6%，而抗穗稻熱病者更高出稉稻 31.6%(表 2)。

水稻品種(系)對葉稻熱病之抗性雖較穗稻熱病為強，但對兩種病害之抗性反應大體一致，尤其是稉稻，除民國 79 年外，其兩者之間均存有極顯著之相關性($r = 0.65 \sim 0.91$，$P<0.01$)(表 3)，顯示稉稻抗葉稻熱病之品種(系)，大多能抗穗稻熱病；但秈稻則有 6 個年度對兩種病害間之相關係數並未達顯著水準，表示秈稻對兩者之反應較稉稻不一致。

**表 2 .** 歷年水稻品種(系)在嘉義水田式稻熱病圃檢定結果
**Table 2.** The rice varieties and strains resistant to rice blast in Chiayi paddy nursery during 1990-2002

| Year | Percentage(%) of Resistant entries [z] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Leaf blast | | | Panicle blast | | | Both | | |
| | Japonica[y] | Indica[y] | Total[y] | Japonica[y] | Indica[y] | Total[y] | Japonica[y] | Indica[y] | Total[y] |
| 1990 | 89.8 | 93.3 | 90.5 | 81.4 | 96.7 | 84.5 | 80.5 | 86.7 | 83.8 |
| 1991 | 87.3 | 94.7 | 89.1 | 74.0 | 81.1 | 75.6 | 73.1 | 81.1 | 75.0 |
| 1992 | 88.0 | 95.2 | 89.5 | 63.3 | 83.3 | 67.5 | 62.7 | 83.3 | 67.0 |
| 1993 | 92.5 | 94.4 | 92.9 | 65.6 | 83.3 | 68.9 | 65.6 | 83.3 | 68.9 |
| 1994 | 93.0 | 96.8 | 93.0 | 74.0 | 93.5 | 77.0 | 74.0 | 93.5 | 77.0 |
| 1995 | 91.8 | 94.7 | 92.3 | 57.0 | 94.7 | 64.3 | 57.0 | 94.7 | 64.0 |
| 1996 | 65.7 | 97.2 | 71.4 | 44.4 | 94.4 | 52.8 | 44.4 | 94.4 | 52.8 |
| 1997 | 99.0 | 97.1 | 98.8 | 49.3 | 97.1 | 56.3 | 49.3 | 97.1 | 56.3 |
| 1998 | 80.8 | 97.1 | 83.2 | 64.0 | 91.4 | 68.1 | 63.5 | 91.4 | 67.6 |
| 1999 | 69.7 | 97.4 | 74.2 | 49. 8 | 97.4 | 57.5 | 48.3 | 97.4 | 56.3 |
| 2000 | 65.5 | 97.2 | 70.3 | 57.6 | 97.2 | 63.6 | 56.7 | 97.2 | 62.8 |
| 2001 | 82.8 | 96.2 | 85.0 | 52.2 | 92.3 | 58.8 | 51.5 | 92.3 | 58.1 |
| 2002 | 77.9 | 96.8 | 81.5 | 55.0 | 96.8 | 63.0 | 54.2 | 96.8 | 62.3 |
| Mean | 83.4 | 96.0 | 85.5 | 60.6 | 92.2 | 66.0 | 60.1 | 91.5 | 65.5 |

[z] Resistant entries included reactions of MR, R and HR .
[y] Number of entries listed in Table 1.

### 水稻品種(系)對稻熱病之期作性反應

嘉義旱田式稻熱病檢定圃(以下簡稱旱田病圃)從民國 79 年起至 91 年在每年第一、二期作檢定水稻品種(系)對葉稻熱病之反應，其結果列如表 4。由表列觀之，參試水稻品種(系)在第一期作葉稻熱病之罹病級數較第二期作嚴重 0.71 級；惟就不同稻型而言，稉稻品種(系)在第一期作較第二期作容易罹病，其在兩期作間之罹病級數相差達 1.26 級；而秈稻品種(系)在第一、二期作之罹病級數則較為相近。

**表 3.** 水稻品種(系)對葉與穗稻熱病抗性之相關性
**Table 3.** Relationships of varietal resistance to leaf and panicle blasts in paddy nursery

| Year | Correlation coefficient | | |
|---|---|---|---|
| | Japonica rice [z] | Indica rice [z] | Total [z] |
| 1990 | 0.24* | 0.49** | 0.27** |
| 1991 | 0.74** | 0.62** | 0.71** |
| 1992 | 0.69** | 0.52** | 0.70** |
| 1993 | 0.73** | 0.47** | 0.72** |
| 1994 | 0.67** | 0.30 | 0.66** |
| 1995 | 0.79** | 0.50** | 0.79** |
| 1996 | 0.91** | 0.999** | 0.92** |
| 1997 | 0.65** | 0.24 | 0.70** |
| 1998 | 0.77** | 0.27 | 0.73** |
| 1999 | 0.79** | 0.24 | 0.80** |
| 2000 | 0.89** | 0.60** | 0.88** |
| 2001 | 0.89** | 0.37 | 0.86** |
| 2002 | 0.79** | 0.23 | 0.79** |

[z] Number of entries listed in Table 1.
*,**Significant at 5% and 1% level, respectively, for significance test of Spearman's rank correlation coefficient.

**表 4.** 歷年水稻品種(系)在不同期作於旱田式病圃對葉稻熱病之反應
**Table 4.** Blast score of rice varieties and strains to leaf blast in upland nursery in two crop seasons during 1990-2002

| Year | Blast score [z] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Japonica rice [y] | | Indica rice [y] | | Total [y] | |
| | $1^{st}$ crop | $2^{nd}$ crop | $1^{st}$ crop | $2^{nd}$ crop | $1^{st}$ crop | $2^{nd}$ crop |
| 1990 | 4.13 | 4.75 | 2.38 | 2.75 | 3.77 | 4.34 |
| 1991 | 4.47 | 3.03 | 3.57 | 2.51 | 4.26 | 2.91 |
| 1992 | 4.76 | 4.57 | 2.79 | 1.96 | 4.35 | 4.02 |
| 1993 | 5.25 | 4.26 | 3.32 | 2.57 | 4.89 | 3.95 |
| 1994 | 3.96 | 3.94 | 2.18 | 2.15 | 3.69 | 3.66 |
| 1995 | 4.98 | 3.35 | 3.59 | 4.22 | 4.71 | 3.52 |
| 1996 | 5.62 | 3.72 | 3.97 | 2.03 | 5.37 | 3.46 |
| 1997 | 4.95 | 4.19 | 3.69 | 4.06 | 4.76 | 4.17 |
| 1998 | 4.82 | 4.10 | 4.27 | 4.31 | 4.74 | 4.13 |
| 1999 | 6.00 | 5.97 | 3.76 | 4.22 | 5.63 | 5.69 |
| 2000 | 5.56 | 4.67 | 3.35 | 4.86 | 5.23 | 4.70 |
| 2001 | 6.66 | 4.63 | 5.54 | 6.42 | 6.48 | 4.92 |
| 2002 | 6.48 | 5.42 | 5.23 | 4.81 | 6.25 | 5.32 |
| Mean | 5.20 | 3.94 | 3.67 | 3.61 | 4.93 | 4.22 |

[z] Blast score were investigated according to the IRRI. 1988. Standard evaluation system for rice.
[y] Number of entries listed in Table 1.

雖然稉稻品種(系)對葉稻熱病之抗性有期作性反應，但其在兩期作間之反應則較為一致，其在兩期作間之相關係數均達極顯著水準(r =0.52~0.88，P<0.01)；而秈稻在第一、二期作對葉稻熱病之抗性反應雖大多亦達顯著或極顯著相關，但有 4 個年度之相關係數並未達顯著水準，顯見秈稻對葉稻熱病之反應在期作間較不一致(表 5)。

**水稻品種(系)在水田式及旱田式病圃對葉稻熱病之抗性反應**

參試稉稻品種(系)在水田病圃對葉稻熱病之反應與其在旱田病圃之反應除民國 79 年外均頗為一致，兩者間之相關係數亦大多達極顯著水準(r =0.46~0.90，P<0.01)；而秈稻則僅有 7 個年度在兩種病圃間之反應達極顯著(表 6)，顯示稉稻在旱田病圃之檢定結果足可代表其在水田病圃之反應，但秈稻則較不一致。

一般水稻品種(系)在水田病圃中表現抗病反應之比例較旱田病圃為高，此亦顯示旱田病圃之發病程度較水田病圃嚴重，兩者間之平均罹病級數相差達 1.62 級(表 7)。

**近年來新育成水稻品種對稻熱病之反應**

民國 79 年至 91 年間新登記命名的水稻品種計有 26 個，其中稉稻 24 個，秈稻 2 個。該等品種在新命名推廣當時有 23 個(佔新品種之 88.5%)表現抗葉稻熱病，抗穗稻熱病者亦有 17 個(為新品種之 65.4%)，顯示近年來本省抗稻熱病育種已有顯著進步。其中稉稻品種中有 21 個(佔新品種之 87.5%)抗葉稻熱病，但抗穗稻熱病者只有 15 個(為新品種之 62.5%)，而新育成之 2 個秈稻品種則對葉及穗稻熱病則均表現抗病，顯見秈稻新品種較稉稻者抗病(表 8)。而目前栽培主要品種中約有 90%為感病品種(表 9)，若遇氣候環境適宜稻熱病發生之年期，病勢將難以控制，後果實不堪設想。

**近年來育成之稉稻抗稻熱病品種及其罹病情形**

自民國 71 年起由本所與其他稻作改良場所合作進行“稉稻抗病抗蟲育種試驗”及後續之“持久性抗稻熱病稉稻品種合作選育計畫”開始大規模有計畫的採用國際稻熱病圃檢定表現穩定之抗性品種(系)做為抗病育種之抗源材料，並自民國 79 年起陸續育成十四個抗稻熱病之稉稻新品種(表 10)。其中臺稉 3 號(Taikeng 3，TK3)之抗源來自日本品種 NC4，菲律賓品種 Peta 及本省品種臺中在來 1 號；

**表 5.** 歷年水稻品種(系)在不同期作於旱田式病圃對葉稻熱病抗性之相關性
**Table 5.** Relationship of varietal resistance to leaf blast in upland nursery in two crop seasons during 1990-2002

| Year | Correlation coefficient | | |
|---|---|---|---|
| | Japonica rice [z] | Indica rice [z] | Total [z] |
| 1990 | 0.80** | 0.83** | 0.83** |
| 1991 | 0.87** | 0.69** | 0.84** |
| 1992 | 0.72** | 0.57** | 0.78** |
| 1993 | 0.88** | 0.58** | 0.86** |
| 1994 | 0.80** | 0.16 | 0.78** |
| 1995 | 0.80** | 0.15 | 0.71** |
| 1996 | 0.83** | 0.47** | 0.82** |
| 1997 | 0.84** | 0.23 | 0.81** |
| 1998 | 0.73** | 0.49** | 0.71** |
| 1999 | 0.88** | 0.41* | 0.88** |
| 2000 | 0.82** | 0.41* | 0.74** |
| 2001 | 0.52** | 0.37 | 0.37** |
| 2002 | 0.76** | 0.60** | 0.73** |

[z] Number of entries listed in Table 1.

*, ** Significant at 5% and 1% level, respetively, for significance test of Spearman's rank correlation coefficient.

臺稉糯 1 號(Taikeng glu.1，TKG1)、臺稉 12 號(Taikeng 12，TK12)及桃園 1 號(Taoyung 1，TY1)之抗性來自日本品種荔枝紅(Reishiko)；臺稉 7 號(Taikeng 7，TK7)之抗性來自日本品種福錦(Fukunishiki)及臺中在來 1 號，而福錦之抗性則源自美國品種 Zenith；臺稉 8 號(Taikeng 8，TK8)之抗性來自 NC4，JR80 及臺中在來 1 號等品種；臺稉 10 號(Taikeng 10，TK10)則源自 NC4，美國品種 CI5309 及臺中在來 1 號

**表 6.** 歷年水稻品種(系)於第一期作在水田式及旱田式病圃抗病性之相關性
**Table 6.** Relationship of varietal resistance to leaf blast in paddy and upland nurseries in the first crop season during 1990-2002

| Year | Correlation coefficient | | |
|---|---|---|---|
| | Japonica rice [z] | Indica rice [z] | Total [z] |
| 1990 | 0.16 | 0.78**[y] | 0.08 |
| 1991 | 0.78** | 0.66** | 0.75** |
| 1992 | 0.46** | 0.54** | 0.50** |
| 1993 | 0.83** | 0.36* | 0.82** |
| 1994 | 0.69** | 0.28 | 0.69** |
| 1995 | 0.69** | 0.24 | 0.65** |
| 1996 | 0.90** | 0.35* | 0.87** |
| 1997 | 0.65** | 0.10 | 0.63** |
| 1998 | 0.77** | 0.46** | 0.75** |
| 1999 | 0.75** | 0.53** | 0.78** |
| 2000 | 0.88** | 0.57** | 0.86** |
| 2001 | 0.81** | 0.61** | 0.80** |
| 2002 | 0.73** | 0.06 | 0.68** |

[z] Number of entries listed in Table 1.
[y] *, **Significant at 5% and 1% level, respetively, for significance test of Spearman's rank correlation coefficient.

**表 7.** 水稻品種(系)在水田式與旱田式病圃對葉稻熱病之反應
**Table 7.** Reaction of varietal resistance to leaf blast in paddy and upland nurseries

| Year | Percentage (%) of resistant entries [z] | | Leaf blast score [y] | |
|---|---|---|---|---|
| | Paddy nursery | Upland nursery | Paddy nursery | Upland nursery |
| 1990 | 90.5 | 77.7 | 2.68 | 3.77 |
| 1991 | 89.1 | 78.2 | 2.83 | 4.26 |
| 1992 | 89.5 | 67.5 | 2.80 | 4.35 |
| 1993 | 92.9 | 61.7 | 3.31 | 4.89 |
| 1994 | 93.0 | 77.5 | 2.61 | 3.69 |
| 1995 | 92.3 | 64.3 | 3.03 | 4.71 |
| 1996 | 70.5 | 61.1 | 3.47 | 5.37 |
| 1997 | 98.8 | 67.9 | 3.06 | 4.76 |
| 1998 | 83.2 | 71.4 | 4.17 | 4.74 |
| 1999 | 74.2 | 50.4 | 3.87 | 5.63 |
| 2000 | 70.3 | 60.3 | 4.17 | 5.23 |
| 2001 | 85.0 | 41.3 | 3.53 | 6.48 |
| 2002 | 81.5 | 49.7 | 3.48 | 6.25 |
| Mean | 85.4 | 63.8 | 3.31 | 4.93 |

[z] Resistant entries included reactions of MR , R and HR. Number of entries listed in Table 1.
[y] Leaf blast score were investigated according to the IRRI. 1988. Standard evaluation system for rice.

；臺稉 11 號(Taikeng 11，TK11)及 15 號(Taikeng 15，TK15)係同一組合之姊妹系，其抗源均來自 NC4，JR80 及荔枝紅；台稉 13 號(Taikeng 13，TK13)其抗源則來自緬甸品種 C46-15；臺稉 14 號(Taikeng 14，TK14)之抗性源自越南品種 Tetep，CI5309 及荔枝紅；臺稉 16 號(Taikeng 16，TK16)則來自 NC4 及 JR80；臺稉 17 號(Taikeng 17，TK17)來自 CI5309 及南韓品種密陽 79 號(Milyang79)；高雄 143 號(Kaohsiung 143，KH143)則來自荔枝紅及 CI5309。以上這些品種大多具有相同的抗源，其抗病年限自 1 年至 5 年，平均 1.8 年，其中以臺稉糯 1 號最長達 5 年之久，臺稉 12 號之 3 年次之，抗病年限兩年者有臺稉 3 號、10 號、13 號、14 號及 16 號等 5 個品種，抗病年限僅一年者則有臺稉 7 號、8 號、11 號、15 號、17 號，高雄 143 號及桃園 1 號等 7 個品種。顯然近年來育成之稉稻抗病品種其持久性仍不盡理想，尚有待加強。

**表 8.** 民國 79 年至 91 年新育成水稻品種對稻熱病之抗性反應
**Table 8.** Response of the newly released rice varieties (1990~2002) to rice blast

| Type | No.Varieties tested | Blast response | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Leaf blast | | Panicle blast | |
| | | Resistant [z] | Susceptible [y] | Resistant [z] | Susceptible [y] |
| Japonica | 24 | 21 (87.5%) | 3 (12.5%) | 15 (62.5%) | 9 (37.5%) |
| Indica | 2 | 2 (100.0%) | 0 (0.0%) | 2 (100.0%) | 0 (0.0%) |
| Total | 26 | 23 (88.5%) | 3 (11.5%) | 17 (65.4%) | 9 (34.6%) |

[z] Resistant entries included reactions of MR , R and HR. Numbers in the parentheses are the percentage of resistant entries .
[y] Susceptible entries included reactions of MS , S and HS. Numbers in the parentheses are the percentage of susceptible entries .

**表 9 .**水稻主要栽培品種對稻熱病之抗性反應
**Table 9.** Response of the top ten commercial varieties to rice blast

| Variety | Type | Planting area [z] | | Released year | Blast response [y] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Leaf blast | | Panicle blast | |
| | | ha | % | | Released year | 2002 | Released year | 2002 |
| Taikeng 8 | Japonica | 92,226 | 30.5 | 1992 | R | MR | R | MS |
| Tainung 67 | Japonica | 38,234 | 12.7 | 1978 | S | HS | HS | S |
| Taikeng 14 | Japonica | 34,345 | 11.4 | 1996 | MR | MS | R | MS |
| Taichung sen 10 | Indica | 22,077 | 7.3 | 1979 | MR | MR | MR | R |
| Taikeng 9 | Japonica | 17,895 | 5.9 | 1993 | MR | MR | MS | MS |
| Taikeng 16 | Japonica | 16,289 | 5.4 | 1996 | R | S | MR | HS |
| Taikeng 2 | Japonica | 14,044 | 4.7 | 1989 | MR | HS | MR | HS |
| Taichung sen glutinous 1 | Indica | 11,727 | 3.9 | 1984 | R | MR | R | R |
| Taikeng 11 | Japonica | 11,057 | 3.7 | 1994 | MR | MR | MR | MS |
| Kaohsiung 139 | Japonica | 10,453 | 3.5 | 1975 | MR | HS | MR | HS |
| Total | | 268,347 | 88.9 | | | | | |

[z] 2001.
[y] Blast response in the released year and 2002.

**表 10.** 臺灣近年來育成之水稻抗稻熱病品種之抗性來源及其抗性退化情形
**Table 10.** The resistant sources and its fading in newly developed rice resistant varieties released in Taiwan

| Variety | Cross | Resistant sources | Released year | Turn Susceptible in (year) | Resistant period (year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Taikeng 3 | $F_2$(Taichung sen 3/ Taichung 65// Tainung 67/// Toyonishiki)/4/ Taichung 189 | NC4 Peta T(N)1 | 1990 | 1992 | 2 |
| Taikeng glutinous 1 | $F_2$(Chianung yu 252 /Tainan tsao si 148)//Tainan tsao si 174 | Reishiko | 1990 | 1995 | 5 |
| Taikeng 7 | Chianung si pi 692153/Fukunishiki// Taichung 189 | Zenith T(N)1 | 1992 | 1993 | 1 |
| Taikeng 8 | Tainan yu 210/ Taikeng 2 | NC4 JR80 T(N)1 | 1992 | 1993 | 1 |
| Taikeng 10 | Taichung yu 284/ Tainung 70 | NC4 CI5309 T(N)1 | 1993 | 1995 | 2 |
| Taikeng 11 | Tainan yu 212/ Kaohsiung $141^2$ | NC4 JR80 Reishiko | 1994 | 1995 | 1 |
| Taikeng 12 | Tainung 72/ Chianung si pi 722302// Chianung si pi 732020 | Reishiko | 1995 | 1998 | 3 |
| Taikeng 13 | Tainung 67/C46-15// Tainung 67 | C46-15 | 1995 | 1997 | 2 |
| Taikeng 14 | Taikeng yu 2011/ Taichung yu 418 | Tetep CI5309 Reishiko | 1996 | 1998 | 2 |
| Taikeng 15 | Tainan yu 212/ Kaohsiung $141^2$ | NC4 JR80 Reishiko | 1996 | 1997 | 1 |
| Taikeng 16 | Taikeng 2// Tainung 67/Pegonil | NC4 JR80 | 1996 | 1998 | 2 |
| Taikeng 17 | $F_2$(Tainung 70/ Milyang 79//Tainung 70)///Tainung 70 | CI5309 Milyang 79 | 1998 | 1999 | 1 |
| Kaohsiung 143 | Taikeng 5/Tainung yu 82649 | Reishiko CI5309 | 2001 | 2002 | 1 |
| Taoyuan 1 | Taikeng 1/Taikeng yu 4156//Chianung si pi 762036 | Reishiko | 2001 | 2002 | 1 |
| Mean | | | | | 1.8 |

# 討　　論

參試水稻品種(系)對葉稻熱病之抗性較對穗稻熱病為強，究其原因，除水稻品種(系)對兩種病害抗性之差異外，可能與葉稻熱病發生期間(3~4 月)及穗稻熱病發生期間(5~6 月)之氣象因子有關。稻熱病菌感染水稻及產孢需要有水膜及幾近飽和之相對濕度。一般稻熱病發生溫度為 16-35℃，最適溫度為 24-28℃(Ou 1985)。在臺灣稻熱病蔓延最適之條件為溫度 22-25℃，相對濕度在 93%以上，但地域不同影響病勢進展之主要因子可能有異(黃等 1979)。在臺灣中部地區稻熱病流行之溫度為 21-24℃，相對濕度在 90%以上(簡等 1984)。又據研究報告指出，在稻熱病發病期間降雨日數多時發病程度較為嚴重(蔡&簡 1990)。嘉義病圃歷年來在稻熱病發生期間之平均溫度(3 月份為 18.6-22.8℃，4 月份為 20.4-26.0℃，5 月份為 25.3-27.9℃，6 月份為 28.3-29.1℃)均頗適於稻熱病之發生，因此影響稻熱病發展的主要限制因子可能為相對濕度或降雨日數，經調查嘉義病圃歷年在稻熱病發生期間之平均相對濕度差異不大，多在 79~85%之間；而降雨日數及降雨量則差異較大，其中 3 月份之平均降雨日數為 7 天，降雨量為 58.6mm；4 月份降雨日數為 8 天，降雨量為 118.3mm；5 月份之降雨日數為 12 天，降雨量為 155.4mm；6 月份之降雨日數為 13 天，降雨量為 303.9mm；此可能因連續陰雨天，致使稻株二氧化碳之同化作用及呼吸作用減少，可溶性氮累積於水稻組織，導致生理活動減低，硬度降低，對稻熱病之抗性亦減低等所致(蔡 1977)。

由於水稻品種(系)對葉及穗稻熱病之抗性反應頗為一致，尤其是稉稻，因此在旱田病圃雖然不能檢定穗稻熱病，但仍可就其對葉稻熱病之反應而推測其對穗稻熱病之反應，惟尚有少數對兩者反應不一之品種(系)存在，因此在育種後期世代，進入高級試驗以上品種(系)仍有檢定穗稻熱病之必要。

一般秈稻較稉稻抗稻熱病，此或與國內水稻品種栽培面積有關，臺灣栽培之水稻品種 90%以上屬稉稻，而稻熱病菌生理小種之變異常隨著栽培品種的面積變化(簡 1990a,b)，因此存在國內能侵襲稉稻之稻熱病菌生理小種之數目與頻度可能遠較能危害秈稻者為高所致。

不同類型水稻品種(系)對葉稻熱病之期作性反應，除可能係稉稻對稻熱病的抗性受溫度之影響較大，而秈稻對稻熱病之抗性似較不受溫度之影響外，另一原因可能為侵害稉稻之生理小種在較低溫(第一期作)時發生頻率較高且致病性較強，但侵害秈稻之生理小種雖經年存在，但其頻度相差不大。此結果與以前之報導稱秈稻在高溫(第二期作)情況下較易罹病之情形似乎不盡相同(陳 1990；蔡 1977)，是否因為近年來能危害秈稻之生理小種的種類及頻度與以往不同所致，值得進一步探討；惟近年來國內有關稻熱病菌生理型之研究中斷，無從比較殊為可惜。

水稻品種(系)對稻熱病之期作性反應，對於抗病育種之選拔有很大的影響。國內各稻作改良場所抗稻熱病之篩檢一般多在第一期作進行，惟由於稉稻在第一期作比第二期作容易罹病；因此，就稉稻而言，在第一期作對稻熱病之篩檢結果可代表其在第二期作之反應；而秈稻由於有二分之一以上之年度在第二期作高溫下較易罹病，若僅在第一期作進行篩檢，恐有逃病現象而獲得不正確的結果或選獲感病的個体或系統，如以前之嘉農秈 8 號及 11 號其在第一期作表現抗病，但在第二期作呈感病反應，致使其在民國 63 年第二期作在中南部地區罹患嚴重穗稻熱病(簡 1975)。雖然近年來在稻熱病圃並未發現有類似該兩品種在期作反應上有極端之品種(系)存在，但為避免重蹈覆轍，水稻抗稻熱病育種之篩檢，稉稻似可在第一期作進行，而秈稻則應在第二期作或第一、二期作均進行，其結果將更為可靠。

水稻品種(系)在旱田病圃對葉稻熱病之反應與其在水田病圃之反應頗為一致，尤其是稉稻；惟其發病程度較水田病圃嚴重，因此具有中等程度抗性之品種(系)在旱田病圃恐有被淘汰之虞。惟由於設置旱田病圃所需人力、物力及土地面積等均較水田病圃為少，且有管理較方便及發病均一之優點，因此現行水田病圃似可以旱田病圃替代之(陳 1990；Chang *et al.* 1980) 。至於旱田病圃無法檢定穗稻熱

病之缺點，似可由葉稻熱病之反應而間接推測之，因穗稻熱病與葉稻熱病間存有極顯著之相關，尤其是粳稻(表 3)。

近年來新育成之水稻新品種對於稻熱病之抗性已有顯著之進步。對於減少稻熱病之危害，穩定稻米生產頗具貢獻，但粳稻品種之抗病性仍不及秈稻，而目前秈稻之栽培面積只佔水稻總面積之 10%左右，使秈稻新品種之優良抗病性無法充分發揮，頗為可惜。尤其目前主要栽培品種大多為感病品種，若遇不良氣候適宜稻熱病發生之氣候環境，病勢將一發不可收拾，因此加速選育具有持久抗病性之粳稻新品種實為當務之急。

民國 79 年以後育成之粳稻抗稻熱病品種，其抗性來源雖較以往所採用者廣泛，且新品種之抗病年限(1.8 年)亦較舊有品種僅有 1 年 (陳 1990)持久，但由於抗源之遺傳歧異性仍然不夠多樣，因此其抗病年限最長亦只有 3~5 年，而且與該兩品種(臺粳糯 1 號及臺粳12 號)之栽培面積不大可能亦有關。據報導一般抗病品種其栽培面積超過 5,000 公頃以上時，能夠侵害它的稻熱病菌生理小種之種類及頻度常隨著增加而導致失去抗性(簡 1990b,c)。最明顯的例子為臺農 70 號(簡等 1989)，惟隨著栽培面積之減少，其在民國 80 年又恢復具有抗性。

針對以往抗稻熱病育種成效不彰之缺失，除應廣泛蒐集並利用廣幅抗病種源外，對於稻熱病菌遺傳行為之瞭解、生理小種之鑑定及發生頻率之掌控等亦相當重要，因此抗稻熱病育種需要遺傳、育種及植物病理人員的相互配合。又一般秈稻品種之抗病性較粳稻穩定而持久(陳 1990，1999)，而台灣栽培之水稻品種以粳稻為主，若欲選育持久抗病之粳稻品種，似應選用國際稻熱病圃在世界各地經多年篩檢且有穩定抗性之品種(系)做為抗源親本(陳 1999)，而在育種過程中利用分子生物技術，尋求與抗病基因連結的分子標記,以間接或直接定位抗病基因,並在早期世代應用分子標記輔助選拔(molecular-marker assisted selection, MAS)，以縮短育種年限，且利用所獲得之分子標記材料，將不同來源的多個抗病基因，利用雜交或基因轉殖技術聚集於一品種(系)中育成具有廣幅抗病品種或育成多數具有不同抗病基因之抗病品種(系)供輪植栽培或組成多品系品種或混合品種，或結合垂直式及水平式抗病基因育成具持久性的抗病品種(黃&謝 2001)，目前行政院農業委員會農業試驗所等研究單位已朝此方向邁進,，期望不久將有優良抗病粳稻新品種育成。

## 誌 謝

本試驗承行政院農業委員會補助(89 科技-1.1-糧-01-2D)部份經費，文稿蒙本分所鄭主任清煥斧正，統計分析承羅博士正宗協助，試驗調查承廖偉盛及羅俊欽先生協助，資料整理及打字承林三枝小姐幫忙，特此致謝。

## 引用文獻

未具名。1985。台灣水稻病蟲害發生預測。台灣省政府農林廳編印。南投。382 pp。

沈明來。1997。實用無母數統計學與計數資料分析。p.259-308。九州圖書文物有限公司。台北。台灣。

陳隆澤。1990。水稻品種(系)對稻熱病之抗性反應。中華農業研究 39(4):303-314。

陳隆澤。1999。國際稻品種(系)在台灣對稻熱病之反應及其利用。中華農業研究 48(3):12-23。

黃益田、游俊明、詹雲峰、黃提源。1979。稻熱病流行學之研究Ⅱ.葉稻熱病發生預測程式之探索。新竹區農業改良場研究報告 37:1-31。

黃惠娟、謝兆樞。2001。台灣水稻抗稻熱病育種之探討。科學農業 49(3,4):70-75。

蔡武雄。1977。旱田式病圃稻熱病的發生與氣象。中華農業研究 26(4):290-296。

蔡武雄、簡錦忠。1990。稻熱病發生生態。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30:33-45。

簡錦忠。1975。長粒型秈稻異常發生穗稻熱病之調查及其病原菌生理型之研究。中華農業研究 24(3,4):23-31。

簡錦忠、蔡武雄、楊涌祚、劉清。1984。台灣中部地區稻熱病流行學之研究。中華農業研究 33(2):169-180。

簡錦忠、謝麗娟、張義璋。1989。水稻台農七十號對稻熱病抗性之罹病化研究。中華農業研究 38(1):72-79。

簡錦忠。1990a。歷年來本省稻熱病發生情形。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30:7-31。

簡錦忠。1990b。水稻品種之變遷與稻熱病發生之關係。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30:47-61。

簡錦忠。1990c。稻熱病菌生理型之研究。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30:63-74。

清澤茂久。1974。イネのいもち病抗性遺傳、育種學的研究。農技研資 D-1:1-58。

山崎義人、高阪淖爾編著。1980。イネのいもち病と抗性育種。p.175-340。博友社發行。

Chang, W. L., L. C.Chen and S. C.Yang. 1980. Reaction of rice varieties and selections to blast in uniform blast nurseries. Proc. Natl. Sci. Counc. 4:195-200.

IRRI. 1988. Standard Evaluation System for Rice. 3rd ed. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippine, 54 pp.

Ou, S. H. 1985. Rice Diseases. 2nd ed. Comm. Mycol. Inst., Kew, England. 380 pp.

Ou, S. H. and K. M. Lin. 1958. Preliminary report on rice breeding for blast disease resistance in Taiwan. J. Agric. Assoc. China. N. S. 21:50-58.

Wu, H. K. 1979. Rice Blast Disease in Taiwan.－Race and Variety Resistance. FFTC Tech. Bull. No.48. 9 pp.

# Test of Rice Varieties and Strains Resistant to Rice Blast in Blast Nurseries during 1990-2002 [1]

Lung-Che Chen[2], Yi-Shin Chen[3] and Yung-Hsiung Cheng[4,5]

## Summary

Chen, L. C., Y. S. Chen, and Y. H. Cheng. 2004. Test of rice varieties and strains resistant to rice blast in blast nurseries during 1990-2002. J. Agric. Res. China 53:269-283.

A total of 2,606 rice varieties and strains from Taiwan were tested for their response to the blast disease at Chiayi blast nursery from 1990 to 2002. The incidence of blast disease varied with years and seasons. In general, the tested rice varieties and strains showed more resistant to the leaf blast than to the panicle blast. The average of entries resistant to the leaf blast was 19.5% higher than that resistant to the panicle blast. Among Japonica entries, the rice resistant to the panicle blast was highly positive correlated with that resistant to the leaf blast ($r = 0.65 \sim 0.91$，$P < 0.01$). The average of Indica rice resistant to the leaf and panicle blasts were 12.6 and 31.6% higher than that of Japonicas, indicating Japonica rice in general were more susceptible to blast disease than that of Indicas, particularly to the panicle blast. In addition, the difference in the scale of the blast incidence for Indicas and Japonicas between the first and second cropping season were 1.26 and 0.06, respectively, indicating the entries of Japonica rice appeared more susceptible to blast in the first cropping season than that of the second, while the Indicas showed a relatively unanimous in the two cropping seasons. The averaged incident scale of the tested rice in the upland nursery was 1.62 higher than that tested in the paddy nursery. Analyzing the relationship of the incident scales between the two different nurseries, the Japonicas in the paddy nursery were closely correlated to that recorded in the upland nursery ($r = 0.46 \sim 0.90$，$P < 0.01$). The response of newly developed blast-resistant varieties such as Taikeng 8, Taikeng 11, Taikeng 14 and Taikeng 16 etc. to the rice blast, were unstable and were easily to be overcame by the virulent races of the blast pathogen within 1 to 5 years after they were released for commercial cultivation in a wide area.

**Key words:** Rice, Blast, Blast nursery.

---

1. Contribution No.2211 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: February 4, 2005.
2. Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Senior Agronomist and Head of Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Senior Pathologist and Director, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail:cyh @dns.caes.gov.tw；Fax: (05)2773630.

# 中 華 農 業 研 究

## 第五十三卷　目 次

第一期

王毓華、黃晉興、林子凱、王三太、蕭吉雄——甜瓜對白粉菌 *Sphaerotheca fuliginea* race 1 抗性之遺傳研究與抗病篩選 ........ 1
王昭月、范明仁、林俊義——基因轉殖作物品種檢測技術之開發－利用 35S 啟動子分子標誌檢測轉基因玉米及大豆 ........ 9
利幸貞、陳一心——澱粉糖化酵素活性簡易測定法於甘藷加工特性之應用 ........ 18
陳威臣、葉茂生、蔡新聲——臺灣原生藥用植物－高氏柴胡腋芽培養之大量繁殖研究 ........ 27
**Jenõ Papp**——臺灣的 *Syntretus* 屬瓢蟲繭蜂(膜翅目：小繭蜂科：瓢蟲繭蜂亞科) ........ 39
張芳銘、楊純明、張愛華——利用植被反射光譜特徵估測稻株氮素含量 ........ 63

第二期

謝光照、曹文隆、楊金興、盧煌勝——玉米幼苗耐銨性與耐性組合力分析 ........ 79
謝光照、曹文隆、楊金興——黑糯玉米自交系組合力之評估 ........ 87
溫英杰、劉怡伶——李種原評估及其親緣關係之 RAPD 標誌研究 ........ 97
唐佳惠、林瑞松、李堂察、程永雄——乙烯及保鮮液處理對非洲菊切花瓶插壽命之影響 ........ 111
曹文隆、楊金興、黃惠娟、鄭耀星、林順福、盧煌勝、林俊義——落花生新品種台農七號－珍甜 ........ 125
曹文隆、楊金興、謝光照、蔡淑珍、劉慧瑛、王強生——落花生新品種台農 7 號籽粒品質成分及其官能品評 ........ 141

第三期

鄭　允、蘇文瀛、黃毓斌、江明耀、高靜華——東方果實蠅生態調查技術之研究（一）田間密度快速監測技術 ........ 155
范明仁、陳　述、L. M. Engle——應用核酸逢機增殖多型性分子標記進行番椒屬種原核心收集遺傳歧異之研究 ........ 165
羅正宗、陳一心、陳宗禮——葉綠素計應用於水稻植體氮營養狀況之測定 ........ 179
蕭翌柱、夏奇鋌、蔡新聲——彩葉蘭授粉期與果莢冷藏對種子發芽之影響 ........ 193
謝光照——台南白玉米籽粒果皮厚度與表面積之變異 ........ 201
邱輝龍、許圳塗、張祖亮、李倩雲、范明仁——台灣芭蕉(*Musa formosana*)形態特性之調查與分析 ........ 207

第四期

論說

**施怡如、鄭統隆、曾東海、王強生**——有色水稻中花青素的種類及其功能探討 ................................221

研究報告

**黃阿賢、黃光亮、許世弦**——套黑色紙袋對 'Ruby' 葡萄柚果實色澤轉變與品質的影響 ....................229
**董耀仁、陳健忠**——夾竹桃紅顏料對瓜實蠅 *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (雙翅目：果實蠅科) 之毒效評估 ....................................................................................................................239
**陳威臣、夏奇鋇、葉茂生、蔡新聲**——鹽類濃度、蔗糖、植物生長素及培養容器瓶口覆蓋物對高氏柴胡組培苗發根與馴化之影響 ...........................................................................................249
**林素禎、林淑媛、吳繼光**——三種殺草劑對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響 ..........................261
**陳隆澤、陳一心、程永雄**——1990 至 2002 年臺灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定 ...................................269

# JOURNAL OF

# AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of volume 53,2004

**Number 1**

**Yu-Hua Wang, Jin-Hsing Huang, Tzu-Kai Lin, San-Tai Wang and Chi-Hsiung Hsiao**——Genetic Studies and screening for Resistance to Powdery Mildew (*Sphaerotheca fuliginea* race 1) in Melon (*Cucumis melo* L.) ........ 1

**Jau-Yeuh Wang, Ming-Jen Fan and Chien-Yih Lin**——Developing the Techniques for Transgenic Crops Detection -Detection of Genetically Modified Soybeans and Maize by 35S Promoter Molecular Marker ........ 9

**Hsin-Chen Lee and Yi-Shin Chen**——Application of the $\beta$-amylase Activity Rapid Test Method on Processing Character of Sweet Potato ........ 18

**Uei-Chin Chen, Mau-Shing Yeh and Hsin-Sheng Tsay**——Studies on *in vitro* Shoot Multiplication of Native Medicinal Herbs - *Bupleurum kaoi* by Axillary Bud Culture ........ 27

**Jenõ Papp**——A Synopsis of the *Syntretus* Foerster Species of Taiwan (Hymenoptera: Braconidae: Euphorinae) ........ 39

**Fan-Ming Chang, Chwen-Ming Yang and Ay-Hwa Chang**——Estimation of Nitrogen Content in Rice Plants from Spectral Characteristics of Canopy Reflectance Spectrum ........ 63

**Number 2**

**Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, King-Hsing Yang and Hung-Shung Lu**——Analysis of Ammonium Tolerance and Combining Ability of Maize (*Zea mays* L.) Seedling ........ 79

**Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur and King-Hsing Yang**——Evaluation of the Combining Ability of Inbred Lines Derived from Purple Waxy Maize (*Zea mays* L.) Germplasm ........ 87

**Ien-Chie Wen and Yi-Ling Liu**——Evaluation and Genetic Relationship Analysis by RAPD on Oriental Plum Germplasm ........ 97

**Chia-Hui Tang, Ruey-Song Lin, Tan-Cha Lee and Yung-Hsiung Cheng**——Effect of Ethylene and Preservatives on the Vase Life of *gerbera jamesonii* Cut Flower ........ 111

**Wen-Long Tsaur, Kin-Hsing Yang, Huey-Jiuan Huang, Yau-Sin Cheng, Shun-Fu Lin, Hung-Shung Lu and Chien-Yih Lin**——Peanut New Variety Tainung No. 7 – Jentian ........ 125

**Wen-Long Tsaur, Kin-Hsing Yang, Guang-Jauh Shieh, Huey-Ing Liu, Shwu-Jene Tsai and Chang-Sheng Wang**——Kernel Size, Compositions and Sensory Evaluation of New Peanut Variety – Tainung No. 7 in Taiwan ........ 141

**Number 3**

**Edward Y. Cheng, Wen-Ying Su, Yu-Bing Hwang, Ming-Yao Chiang and Ching-Hua Kao**——Study on the Ecological Methods for the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel. I. Developing a Rapid Technique for Density Monitoring ........ 155

**Ming-Jen Fan, Shu Chen and L. M. Engle**——The Study on Genetic Diversity of the Core Collection for *Capsicum* Using Random Amplified Polymorphic DNA ........ 165

**Jeng-Chung Lo, Yi-Shin Chen and Chung-Li Chen**——Application of Chlorophyll Meter to Predict Nitrogen Status of Rice Plant ........ 179

**Yih-Juh Shiau, Chi-Ni Hsia and Hsin-Sheng Tsay**——Effect of Pollination Stage and Cold Storage of Capsule on the Seed Germination of *Haemaria discolor* (Ker) Lindl. ........ 193

**Guang-Jauh Shieh**——Thickness and Surface Area Variations of Tainan-white Maize Pericarp ........ 201

**Huei-Long Chiu, Chou-Tou Shii, Tsu-Liang Chang, Sin-Wan Lee and Ming-Jen Fan**——Morphological Characterization of *Musa formosana* ........ 207

**Number 4**

**Review Article**

**Yi-Ju Shih, Toong-Long Jeng, Tong-Hai Tseng and Chang-Sheng Wang**——The Composition and Function of Anthocyanins in Colored Rice ........ 221

**Research Reports**

**A-Shiarn Hwang, Kuang-Liang Huang and Shin-Hsuan Hsu**——Effect of Bagging with Black Paper on Coloration and Fruit Quality of 'Ruby' Grapefruit ........ 229

**Yaw-Jen Dong and Chien-Chung Chen**——Evaluation on the Toxic Effects of Phloxine B to the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ........ 239

**Uei-Chern Chen, Chi-Ni Hsia, Mau-Shing Yeh and Hsin-Sheng Tsay**——Influence of Salt Strength, Sucrose, Auxins and Container Closure on Root Formation and Acclimation of *In Vitro Bupleurum kaoi* Plantlets ........ 249

**Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin and Chi-Guang Wu**——Comparative Study of Herbicide Effect on the Spore Germination and Hyphal Growth of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi ........ 261

**Lung-Che Chen, Yi-Shin Chen and Yung-Hsiung Cheng**——Test of Rice Varieties and Strains Resistant to Rice Blast in Blast Nurseries during 1990-2002 ........ 269

# 中 華 農 業 研 究 稿 約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論(可略去)、誌謝(可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過十印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過四印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿一份及影印稿二份(內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張(長 29.6 公分，寬 21 公分)，空一行(double space)打字，左邊對齊，上下應預留 3 公分，左右 2 公分空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。英文撰寫時，左邊對齊、字距一格，句距二格，以 Times New Roman 字體打字，以便審查。審查接受之稿件，隨文請附文稿內容磁片或電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題(Running title)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中(英)文發表者須附英(中)文摘要，置於本文之後，且內容須與中(英)文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言(INTRODUCTION)、材料與方法(MATERIALS AND METHODS)、結果(RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻(LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目(heading)單行置於該章節之前，小章節題目(sub heading)直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。

5、表格僅列橫線。

6、性質類同之圖與表務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙(白色透明紙)上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm X 18cm)為宜。

4、圖版及照片下方應有標題（或另頁繕寫)，並按文中出現的順序加上圖 1(Fig.1)、圖 2(Fig.2)等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻(LITERATURE CITED)－列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991) (Lo 1991，1992) (陳 & 胡 1983) (Sung 1991；Hsu *et al.* 1992)，置於引用文處。

2、中文稿可列中、英文文獻，文獻原文為中(英)文者，須以中(英)文列文獻。英文稿之引用文獻須全採用英文。

3、中文文獻以作者姓氏筆劃為序，英文文獻以姓名字母為序。中英文併陳時，中文在前，英文銜接其後。作者相同時以年代先後為序。

4、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

5、西文期刊名須用縮寫，其縮寫方式參照美國出版之〝Biosciences Information Service of Biological Abstracts〞規定，中文期刊用全名。

6、文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性期刊

陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English Abstract).

Weng, J. H. 1992. $CO_2$ exchange characteristics of $C_3$ and $C_4$ vegetable crops in response to light and nitrogen (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:21-33.

(2)文獻出自著作性書籍

楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。180 pp.

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp.

(3)文獻出自編輯性書籍

Lo, W. S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism. p.100-110. *in* : Biology of Rice. (Sung, J. M. and D. J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

四、單位、縮寫格式及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中(英)文數字，單位以中(英)文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 為準，如一公尺(one meter, 1 m)、二公克(two grams, 2 g)、三公升(three liters, 3 L)、四毫升(four milliliters, 4 ml)。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里(km)、公尺(m)、公分(=厘米)(cm)、公釐(=毫米)(mm)、微米(μm)。

(2)重量(W)：公斤(kg)、公克(g)、μg。

(3)容積(V)：公升(L)、公撮(=毫升)(ml)、μl。

2、溫度：攝氏(C)、絕對溫度(K，但須加以說明)。

3、時間：年(yr)、月(mo)、週(wk)、日(天)(day,days)、時(hr)、分(min)、秒(sec)。

4、濃度：莫耳(M)、千分之一莫耳(mM)、當量(N)、千分之一當量(mN)。

5、重力加速度：*g*。

6、其他之縮寫：平均(*av*)、大約(*ca*)、直徑(diam.)。

7、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P*(例如 $P<0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數(*r*)、決定係數(R)、變異係數(cv)、標準機差(se)等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 "." ，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案(IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他.)，並由作者負責前二校。除筆誤與格式外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

# 中 華 農 業 研 究


## 第五十三卷　第四期

中華民國九十三年十二月出版



發 行 人：林 俊 義

總 編 輯：安 寶 貞

主　　編：蕭 淑 芬　黃 淑 華　楊 舜 臣　陳 榮 華

編審委員：

農藝組：王 強 生（主審）

呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明　劉 新 裕

園藝組：歐 錫 坤（主審）

王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道

劉 邦 基　黃 肇 家

農化組：廖 慶 樑（主審）

郭 鴻 裕　劉 慧 瑛　簡 宣 裕

植病組：張 清 安（主審）

安 寶 貞　程 永 雄　蔡 武 雄　鄧 汀 欽

昆蟲組：王 清 玲（主審）

何 琦 琛　陳 炳 輝　陳 健 忠　鄭　允

農機組：梁 連 勝（主審）

黃 禮 棟　蔡 致 榮

種原組：范 明 仁（主審）

農經組：潘 德 芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 53., No.4 Dec. 2004

# JOURNAL
# OF
# AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITORS IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Shiau, Shu-Fen | Huang, Shu-Hua | Yang, Shen-Chen | Chen, Long-Hua

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang, Lien-Sheng (Agriculture Engineering)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Fan, Ming-Jen (Crop Genetic Resources)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei, Chen, Chien-Chung, Chen, Yi-Shin
Cheng, Edward Yun, Cheng, Yung-Hsiung, Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin, Guo, Horng-Yuh, Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu, Huang, Chao-Chia, Huarng, Li-Duhng
Liou, Pan-Chi, Liou, Tsung-Dao, Liu, Huey-Ing
Liu, Sin-Yie, Lu, Hsiu-Ying, Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung, Tsay, Jyh-Rong, Wang, Der-Nan
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities, and other research organizations

# 中華農業研究第五十三卷第四期

編　　者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：林俊義

發 行 所：行政院農業委員會農業試驗所

地　　址：台中縣霧峰鄉 413 萬豐村中正路一八九號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)2330-2301～5

編　　輯<br>印 製 者：學安文化事業有限公司

地　　址：台中市南區仁和二街七十八號

電　　話：(04)2286-1600

中華民國 93 年 12 月出版

Vol. 53, No.4 Dec. 2004

# *JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA*

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS


## Review Article

The Composition and Function of Anthocyanins in Colored Rice
.......Yi-Ju Shih, Toong-Long Jeng, Tong-Hai Tseng and Chang-Sheng Wang ···221

## Research Reports

Effect of Bagging with Black Paper on Coloration and Fruit Quality of 'Ruby' Grapefruit
..........................A-Shiarn Hwang, Kuang-Liang Huang and Shin-Hsuan Hsu ···229

Evaluation on the Toxic Effects of Phloxine B to the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)
..........................................................Yaw-Jen Dong and Chien-Chung Chen ···239

Influence of Salt Strength, Sucrose, Auxins and Container Closure on Root Formation and Acclimation of *In Vitro Bupleurum kaoi* Plantlets
............Uei-Chern Chen, Chi-Ni Hsia, Mau-Shing Yeh and Hsin-Sheng Tsay ···249

Comparative Study of Herbicide Effect on the Spore Germination and Hyphal Growth of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi
...........................................Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin and Chi-Guang Wu ···261

Test of Rice Varieties and Strains Resistant to Rice Blast in Blast Nurseries during 1990-2002
...............................Lung-Che Chen, Yi-Shin Chen and Yung-Hsiung Cheng ···269


*Published by*

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

ISSN 0376-477X

9 770376 477003

GPN025263890075

定價：新臺幣一七五元